

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2005年9月9日 (09.09.2005)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2005/083837 A1

(51) 国際特許分類<sup>7</sup>: H01Q 13/08, G06N 3/00, H01Q 9/04

Inc.) [JP/JP]; 〒100-6150 東京都千代田区永田町二丁目11番1号 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号: PCT/IB2005/000078

(72) 発明者; および

(22) 国際出願日: 2005年1月14日 (14.01.2005)

(75) 発明者/出願人(米国についてのみ): 丸山 珠美 (MARUYAMA, Tamami). 吉良 文夫 (KIRA, Fumio). 長 敬三 (CHO, Keizo).

(25) 国際出願の言語: 日本語

(74) 代理人: 三好 秀和 (MIYOSHI, Hidekazu); 〒1050001 東京都港区虎ノ門1丁目2番8号 虎ノ門琴平タワー Tokyo (JP).

(26) 国際公開の言語: 日本語

(81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS,

(30) 優先権データ:  
特願2004-008357 2004年1月15日 (15.01.2004) JP

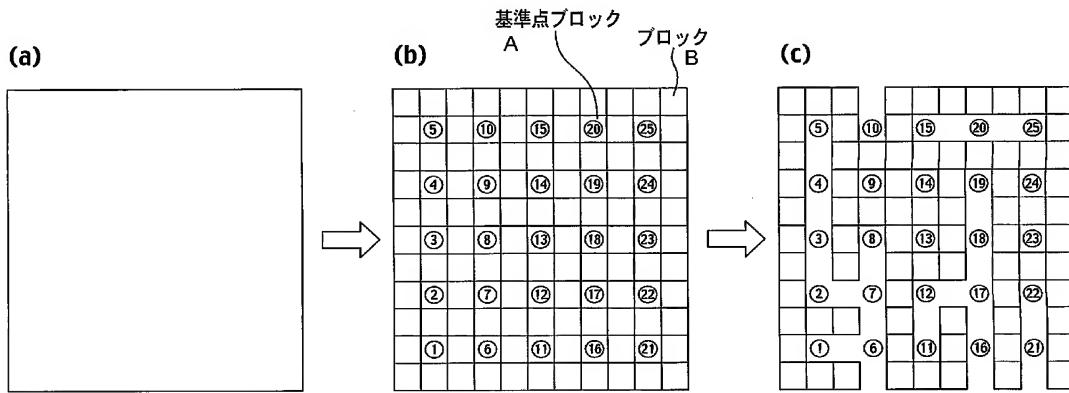
特願2004-260318 2004年9月7日 (07.09.2004) JP

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): 株式会社エヌ・ティ・ティ・ドコモ (NTT DoCoMo,

/続葉有/

(54) Title: MAZE CREATING METHOD, ANTENNA OPTIMUM DESIGNING METHOD, PROGRAM, AND ANTENNA

(54) 発明の名称: 迷路生成方法、アンテナ最適設計方法、プログラム及びアンテナ



A REFERENCE POINT BLOCK  
B BLOCK

(57) Abstract: An antenna optimum designing method comprising the steps of producing blocks by dividing a metal patch on the surface of an antenna element along the vertical and transverse directions, setting reference point blocks every other block and allocating chromosomes to the reference point blocks, determining the method of arranging a metal patch in each block one side of which is adjacent to the reference point block according to the chromosome allocated to the reference point block, and seeking an optimum chromosome allocated to each reference point block according to a hereditary algorithm so that the characteristic of the antenna may be optimum.

(57) 要約: 本発明に係るアンテナ最適設計方法は、アンテナ素子面上の金属パッチを縦方向及び横方向に分割することによってブロックを生成する工程と、1ブロックおきに基準点ブロックを設定し基準点ブロックに染色体を割り当てる工程と、基準点ブロックに割り当てられた染色体に基づいて基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの配置方法を決定する工程と、遺伝的アルゴリズムによってアンテナの特性が最

/続葉有/

WO 2005/083837 A1



LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

IE, IS, IT, LT, LU, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU,

添付公開書類:  
— 國際調査報告書

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

## 明細書

### 迷路生成方法、アンテナ最適設計方法、プログラム及びアンテナ技術分野

[0001] 本発明は、遺伝的アルゴリズム(GA:Genetic Algorithms)を用いて、アンテナ素子面上に金属パッチが配置されている構造を有するアンテナの構造を設計するためのアンテナ最適設計方法、当該アンテナ最適設計方法を実施するためのプログラム及び当該アンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナに関する。

[0002] 特に、本発明は、IMT2000方式における移動通信端末用内蔵アンテナに用いられる平面逆F型アンテナ、平面逆L型アンテナ、メアンダライン型アンテナや、IEEE802.11によって標準化されている無線LAN用アンテナ等の小型マルチバンドアンテナの構造を設計するためのアンテナ最適設計方法、当該アンテナ最適設計方法を実施するためのプログラム及び当該アンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナに関する。

### 背景技術

[0003] 従来、アンテナ素子面上に金属パッチが配置されている構造を有するアンテナの最適設計方法の1つとして、非特許文献1に示す遺伝的アルゴリズムを用いてマイクロストリップアンテナの構造を設計するためのアンテナ最適設計方法を利用するもののが知られている。

[0004] 図1を参照して、かかる従来のアンテナの最適設計方法について説明する。

[0005] かかるアンテナは、図1(a)に示すように、表面が金属の地板100aと、地板100aに平行に形成されており表面上に金属パッチが設けられているアンテナ素子面100bと、地板100aに接続されておりアンテナ素子面100b上の金属パッチに給電する給電点100cと、アンテナ素子面100b上の金属パッチと地板100a上の金属表面とを短絡する短絡素子100dとによって構成されている。なお、地板100aとアンテナ素子面100bとの間は、空気又は誘電体で充たされているものとする。

[0006] なお、本発明に係るアンテナには、メアンダライン型アンテナや平面逆F型アンテナや平面逆L型アンテナや小型マルチバンドアンテナ等のアンテナ素子面上に金属パ

ツチ(メアンダーライン)が配置されている構造を有する全てのアンテナが含まれるものとする。

[0007] 図1(b)に示すように、アンテナ素子面100b上の金属パッチが、大きさの等しい格子状の長方形(正方形を含む。以下同じ。)のブロックに分割される。次に、各ブロックに対して、1ビットの染色体が割り当てられる。そして、各ブロックにおける金属パッチを除去するか否かについて決定される。例えば、図1(b)に示すように、染色体が「0」であるブロックにおける金属パッチは除去される一方、染色体が「1」であるブロックにおける金属パッチは除去されないように構成されている。

[0008] このように、従来のアンテナの最適設計方法では、所定の評価関数を用いた遺伝的アルゴリズムによって、任意形状のアンテナの中から最適なアンテナを構成するための最適な染色体を探索するように構成されている。

[0009] なお、図1(b)において、金属パッチの番号は、当該金属パッチに付与されたユニット番号である。

[0010] また、従来、特許文献1に示すような遺伝的アルゴリズムを用いたアンテナの最適設計方法も知られている。

[0011] (特許文献1)特開平2001-251134号公報  
(非特許文献1)丸山珠美、長敬三著、「多周波共用アンテナのGAによる設計法の検討」、2003年電子情報通信学会ソサイエティ大会、B-1-198  
(非特許文献2)大平昌敬、出口博之、辻幹男、蟹沢宏著、「任意形状の結合窓を有する方形導波管の解析」、MW2003-212、pp.25-30、2003  
しかしながら、従来の非特許文献1に示すアンテナの最適設計方法を利用する方法には、図1(b)に示すように、2つの金属パッチが1つの頂点のみで接触する構造(例えば、ユニット番号「B1」と「B2」の金属パッチや、ユニット番号「B3」と「B4」の金属パッチ等)が発生する。

[0012] かかる構造を含むアンテナは、一般に、以下のような問題点があった。

[0013] (A) 2つの金属パッチの接触点においてメアンダーラインの幅が極端に狭いため、使用可能な周波数帯域が著しく狭帯域になる。

[0014] (B) 亂数によって染色体を構成する場合、メアンダーラインが連続した形状になりにく

いため、遺伝的アルゴリズムにおける最適解の算出に時間がかかる。

- [0015] (C) 削機等を用いた製造ができない。
- [0016] (D) 製造誤差による特性劣化を招きやすい。
- [0017] また、かかる構造は、アンテナを構成するアンテナ素子面の分割数を増やすごとに多く発生するため、遺伝的アルゴリズムによる最適化をどんなに繰り返しても、かかる構造を完全に消去することはほとんど不可能であるという問題点があった。
- [0018] また、従来の特許文献1に示すアンテナの最適設計方法には、メアンドライン型アンテナの構造を設計するためのアンテナ最適化方法の記載については何ら触れられていなかった。

### 発明の開示

- [0019] そこで、本発明は、以上の点に鑑みてなされたもので、2つの金属パッチが1つの頂点のみで接触する構造を排除することができると共に、金属パッチの配置方法を指示する染色体の最適解の算出時間を低減することができるアンテナ最適設計方法、当該アンテナ最適設計方法を実施するためのプログラム及び当該アンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナを提供することを目的とする。
- [0020] 本発明の第1の特徴は、遺伝的アルゴリズムを用いて、迷路を生成するための迷路生成方法であって、所定形状に所定平面を分割することによってブロックを生成する工程と、生成された前記ブロックの1ブロックおきに、壁を設定する基準点ブロックを設定する工程と、前記基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける壁の設定方法を決定する染色体を該基準点ブロックに割り当てる工程と、前記遺伝的アルゴリズムによって、最適な迷路を生成するために、各基準点ブロックに割り当られる最適な前記染色体を探索する工程とを具備することを要旨とする。
- [0021] 本発明の第2の特徴は、遺伝的アルゴリズムを用いて、アンテナ素子面上に金属パッチが配置されている構造を有するアンテナの構造を設計するためのアンテナ最適設計方法であって、前記アンテナ素子面上の金属パッチを、所定形状に分割することによってブロックを生成する工程と、生成された前記ブロックの1ブロックおきに基準点ブロックを設定する工程と、前記基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの配置方法を決定する染色体を該基準点ブロックに割り当てる工

程と、前記染色体によって一意に決まる前記アンテナの特性を算出する工程と、前記遺伝的アルゴリズムによって、前記アンテナの特性が最適となるように、各基準点ブロックに割り当てられる最適な前記染色体を探索する工程とを具備することを要旨とする。

- [0022] 本発明の第2の特徴において、前記アンテナが、前記アンテナ素子面に平行に形成されており、表面に金属パッチが配置されている無給電素子面を具備し、前記ブロックを生成する工程において、前記アンテナ素子面及び前記無給電素子面上の金属パッチを所定形状に分割してもよい。
- [0023] 本発明の第2の特徴において、前記アンテナが、表面が金属の地板と、前記アンテナ素子面上の金属パッチ及び該地板上の金属表面を短絡する短絡素子と、該地板に接続されており該アンテナ素子面上の金属パッチに給電する給電点とを具備し、前記短絡素子及び前記給電点が接続されているブロックには前記金属パッチが配置されるように構成されていてもよい。
- [0024] 本発明の第2の特徴において、前記アンテナが、表面が金属の地板と、表面に金属パッチが配置されている短絡素子面とを具備し、前記アンテナ素子面上の金属パッチと前記地板上の金属表面とを短絡する短絡素子が、前記短絡素子面に配置された金属パッチによって構成され、前記ブロックを生成する工程において、前記アンテナ素子面及び前記短絡素子面上の金属パッチを、所定形状に分割することによってブロックを生成してもよい。
- [0025] 本発明の第2の特徴において、前記アンテナが、中心導体が前記アンテナ素子面上の金属パッチに接続されており外導体が前記地板上の金属表面に接続されている給電点を具備し、前記染色体が、前記短絡素子面における前記給電点の位置座標を含んでもよい。
- [0026] 本発明の第2の特徴において、前記アンテナの特性として、複数の周波数におけるリターンロス特性及び利得特性が用いられていてもよい。
- [0027] 本発明の第2の特徴において、前記金属パッチの配置方法を決定する工程において、所定のブロックを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されるように決定された場合、該所定のブロックにおける金属パッチを除去するように決定しても

よい。

[0028] 本発明の第2の特徴において、前記金属パッチの配置方法を決定する工程において、所定のブロックを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されないように決定された場合、該所定のブロックにおける金属パッチを除去しないように決定してもよい。

[0029] 本発明の第3の特徴は、本発明の第2の特徴に係るアンテナ最適設計方法を実施するためのプログラムであることを要旨とする。

[0030] 本発明の第4の特徴は、本発明の第2の特徴に係るアンテナ最適設計方法によつて設計されたアンテナであることを要旨とする。

#### 図面の簡単な説明

[0031] [図1]従来技術に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンダーライン型アンテナの構造を示す図である。

[図2]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンダーライン型アンテナの構造を示す図である。

[図3]本発明の第1の実施形態に係るメアンダーライン型アンテナのアンテナ素子面の詳細図である。

[図4]本発明の第1の実施形態に係るメアンダーライン型アンテナのアンテナ素子面に設けられた基準点ブロックを示す図である。

[図5]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法の動作を示すフローチャートである。

[図6]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、アンテナ素子面を形成する動作を説明するための図である。

[図7]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、基準点ブロックが隣接するブロックにおける金属パッチの除去方法を指示する動作を説明するための図である。

[図8]本発明の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンダーライン型アンテナのリターンロス特性を示すグラフである。

[図9]本発明の第2の実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメア

ンダライン型アンテナの構造を示す図である。

[図10]本発明の第2の実施形態に係るメアンドライン型アンテナのアンテナ素子面の詳細図である。

[図11]本発明の第2の実施形態に係るメアンドライン型アンテナのアンテナ素子面に設けられた基準点ブロックを示す図である。

[図12]本発明の第2の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、基準点ブロックが隣接するブロックにおける金属パッチの除去方法を指示する動作を説明するための図である。

[図13]本発明の第2の実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンドライン型アンテナのリターンロス特性を示すグラフである。

[図14]本発明の第3の実施形態に係るアンテナの構造を示す図である。

[図15]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、基準点ブロックが隣接するブロックにおける金属パッチの除去方法を指示する動作を説明するための図である。

[図16]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、基準点ブロックが隣接するブロックにおける金属パッチの除去方法を指示する動作を説明するための図である。

[図17]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンドライン型アンテナの構造を示す図である。

[図18]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンドライン型アンテナのリターンロス特性を示すグラフである。

[図19]本発明の第1乃至第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法における遺伝的アルゴリズムの動作を示すフローチャートである。

[図20]本発明の第1乃至第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法における遺伝的アルゴリズムによって、世代ごとにリターンロス特性及び利得特性が変化する様子を示すグラフである。

[図21]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において最適化されたアンテナの一例を示す図である。

[図22]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において最適化されたアンテナの特性を示すグラフである。

[図23]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において最適化された平面逆F型アンテナの一例を示す図である。

[図24]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において最適化された平面逆F型アンテナのアンテナ素子面の一例を示す図である。

[図25]本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において最適化された平面逆F型アンテナの特性を示すグラフである。

[図26]本発明の変更例に係るアンテナ最適設計方法を説明するための図である。

### 発明を実施するための最良の形態

#### [0032] <第1の実施形態>

図2乃至図8を参照して、本発明の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法について説明する。

#### [0033] 図2は、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナ(以下、メアンダライン型アンテナ)の構造を示す図である。

[0034] 本実施形態に係るメアンダライン型アンテナは、図2に示すように、表面が金属の地板100aと、地板100aに平行に形成されており表面上に金属パッチが設けられているアンテナ素子面100bと、地板100aに接続されておりアンテナ素子面100b上の金属パッチに給電する給電点100cと、アンテナ素子面100b上の金属パッチ及び地板100a上の金属表面を短絡する短絡素子100dとによって構成されている。

[0035] 図3に、アンテナ素子面100bの詳細構造の一例について示す。図3は、アンテナ素子面100b上の金属パッチを、縦方向に11個に分割し、かつ、横方向に11個に分割することによって、 $11 \times 11$ 個のブロックが生成された場合の例を示す。図3に示すように、本実施形態に係るアンテナ素子面100bは、各ブロック同士が、1点ではなく1辺で隣接するメアンダラインの形状となっている。

[0036] 図4は、アンテナ素子面100b上に設定された基準点ブロックを説明するための図である。図4に示すように、基準点ブロックは、アンテナ素子面100b上に生成されたブロックの1ブロックおきに設定されている。

[0037] なお、かかる基準点ブロックに対して、遺伝的アルゴリズムによる最適化の対象である染色体が割り当てられる。従来技術に係るアンテナ最適設計方法では、各ブロックに対して1ビット(2値)の染色体が割り当てられていたが、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、基準点ブロックに対して2ビット(4値)の染色体が割り当てられるように構成されている。

[0038] また、かかる染色体は、後述するように、該染色体が割り当てられた基準点ブロックに1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの配置方法(除去方法又は設置方法)を指示するものである。

[0039] なお、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法は、「迷路生成アルゴリズム(棒倒し法)」を参考にして発明されたものであり、遺伝的アルゴリズムにおける染色体と「迷路生成アルゴリズム」とをどのように結びつけるかを考案した点、及び、かかる発明をメアンドライン型アンテナの自動最適設計に適用した点が新しい。

[0040] ここで、「迷路生成アルゴリズム」を採用しているのは、連続したラインを任意に生成するためであり、迷路を生成するためではない点に注意すべきである。そのため、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法は、かかる「迷路生成アルゴリズム」を常にそのまま用いる必要はなく、多少のアレンジが可能であるという点に注意すべきである。

[0041] 図5乃至図7を参照して、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によってメアンドライン型アンテナ(アンテナ素子面100b)を設計する動作について説明する。図6(a)に示すように、アンテナ素子面100bは、初期状態において、その表面が金属パッチ(金属面)によって覆われているものと仮定する。

[0042] 図5に示すように、ステップS1001において、アンテナ素子面100b上の金属パッチを、所定形状に(例えば、縦方向の3以上の奇数に分割し、かつ、横方向の3以上の奇数に)分割することによって、ブロックを生成する。例えば、図6(b)に示すように、アンテナ素子面100b上の金属パッチをN×M個(図6の例では、11×11個)の長方形のブロックに分割する。

[0043] ステップS1002において、生成されたブロックの1ブロックおきに基準点ブロックを設定し、当該基準点ブロックに染色体を割り当てる。例えば、図6(b)に示すように、生成されたブロックの1ブロックおきに、基準点ブロック(迷路生成アルゴリズムにおける

る「壁」) #1乃至#21を作成し、当該基準点ブロック#1乃至#21のそれぞれに対して、2ビット(4値)の染色体を割り当てる。

[0044] ステップS1003において、当該基準点ブロックに位置する金属パッチを削除する。ステップS1004において、各基準点ブロック#1乃至#21に割り当てられた染色体に基づいて、当該基準点ブロック#1乃至#21に対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの除去方法を決定する。そして、図6(c)に示すように、決定された除去方法に従って、各基準点ブロックの隣接ブロックの金属パッチを順次除去していくことによって、アンテナ素子面100bにおけるメアンドラインを形成する。

[0045] なお、他の基準点ブロックにおける染色体の指示によって既に金属パッチが除去されている隣接ブロックに対しては、金属パッチの除去処理を行わない。

[0046] ここで、図7を参照して、染色体によって上述の金属パッチの除去方法を指示する方法について説明する。以下、図7(a)に示すように、アンテナ素子面100b上で基準点ブロック#1乃至#25が設定されているものとする。なお、かかる染色体に含まれ得る2ビットは、「00」、「01」、「10」、「11」のいずれかである。

[0047] 第1に、図7(b)を参照して、図7(a)に示す基準点ブロックのうち、一番左の列における基準点ブロック#1乃至#5に割り当てられた染色体の場合について説明する。

[0048] かかる場合、図7(b)に示すように、基準点ブロックに対して「00」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロックに隣接するブロックAにおける金属パッチが除去される。

[0049] また、基準点ブロックに対して「01」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロックに隣接するブロックBにおける金属パッチが除去される。

[0050] また、基準点ブロックに対して「10」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロックに隣接するブロックCにおける金属パッチが除去される。

[0051] さらに、基準点ブロックに対して「11」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロックに隣接するブロックDにおける金属パッチが除去される。

[0052] 第2に、図7(c)及び(d)を参照して、その他の基準点ブロック#6乃至#25に割り当てられた染色体の場合について説明する。

[0053] かかる場合、図7(c)及び(d)に示すように、基準点ブロックに対して「00」の染色体

が割り当てられている場合、当該基準点ブロックに隣接するブロックAにおける金属パッチが除去される。

- [0054] また、基準点ブロックに対して「10」の染色体が割り当てられると、当該基準点ブロックに隣接するブロックCにおける金属パッチが除去される。
- [0055] さらに、基準点ブロックに対して「11」の染色体が割り当てられると、当該基準点ブロックに隣接するブロックDにおける金属パッチが除去される。
- [0056] なお、基準点ブロックに対して「10」の染色体が割り当てられている場合は、図7(c)に示すように、当該基準点ブロックに隣接する全てのブロックにおける金属パッチが除去されないように構成されていてもよいし、また、図7(d)に示すように、当該基準点ブロックに隣接するブロックA(C又はDであってもよい)における金属パッチが除去されるように構成されていてもよい。
- [0057] なお、本実施形態では、短絡素子100d及び給電点100cに接続される部分(図7(a)に示すブロックB5)は、金属パッチが除去されること無く常に設置されているように構成されている。
- [0058] ステップS1001乃至S1004によって形成されたメアンダーライン型アンテナのアンテナ素子面100bでは、全てのブロックが、頂点同士ではなく、辺同士で隣接する構造となっている。
- [0059] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、上述のステップS1001乃至S1004によって形成されたメアンダーライン型アンテナの特性が最適となるように、遺伝的アルゴリズムによって、各基準点ブロックに割り当てる最適な染色体を探索するように構成されている。
- [0060] すなわち、遺伝的アルゴリズムを用いて、所定の評価関数を最大(或いは、最小)とする迷路(アンテナ素子面100b)の形状を求める問題を解決することによって、上述の最適な染色体を探索することができる。
- [0061] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、上述の非特許文献1と同様の評価関数を用いて「第1の周波数f1:第2の周波数f2:第3の周波数f3」が「0.9:1.5:1.9」となる3つの異なる周波数でリターンロスを小さくする評価関数を求めた場合に、最終的に形成されたメアンダーライン型アンテナのアンテナ素子面100bの構造を図

2に示し、かかるメアンダライン型アンテナにおけるリターンロス特性を図8に示す。

[0062] 図8に示すように、かかる場合、3つの異なる周波数f1、f2、f3において「リターンロスが-8dB以下である」という条件を満たしている。また、かかる周波数f1、f2、f3の周辺の周波数においてもリターンロスが小さくなっており、周波数帯域が狭くなっていることが確認できる。

[0063] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によれば、基準点ブロック#1乃至#21に対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチを除去するように構成されているため、2つの金属パッチの接触点においてメアンダラインの幅が極端に狭いため、使用可能な周波数帯域が著しく狭帯域になるという問題点を解決することができる。

[0064] また、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によれば、基準点ブロック#1乃至#21に対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチを除去するように構成されているため、掘削機等を用いて製造することができ、かつ、製造誤差が低減される。

[0065] また、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によれば、染色体が基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの除去方法を指示するものであるため、各ブロックの金属パッチを除去するか否かについて指示する染色体の最適解の算出時間と比べて、染色体の最適解の算出時間を低減することができる。

[0066] <第2の実施形態>

図9乃至図13を参照して、本発明の第2の実施形態に係るアンテナ最適設計方法について説明する。以下、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法について、上述の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法との相違点を主として説明する。

[0067] 図9は、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンダライン型アンテナの構造を示す図である。図10は、図9に示すメアンダライン型アンテナのアンテナ素子面を詳細に説明するための図である。

[0068] 上述の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンダライン型アンテナのアンテナ素子面100bでは、図3に示すように、全てのブロックにおける金属面パッチは、いずれかの辺で他のブロックにおける金属パッチに接続されており、その結果、給電点100cとラインで接続されているのに対し、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたメアンダライン型アンテナのアンテナ素子

面100bでは、図10における破線による橙円の領域で示すように、給電点100cと接続されるラインが存在せずに無給電の状態となる金属パッチ（無給電パッチ、無給電ライン又は無給電素子面）が存在している。

[0069] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法は、このように、無給電パッチの効果も入ったメアンダーライン型アンテナを最適に設計するときに有効となる方法である。

[0070] 図11及び図12を参照して、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によってメアンダーライン型アンテナ（アンテナ素子面100b）を設計する動作について説明する。本実施形態に係るアンテナ最適設計方法は、染色体によって上述の金属パッチの除去方法を指示する方法を除いて、上述の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法と同一である。

[0071] ここで、染色体によって上述の金属パッチの除去方法を指示する方法について説明する。以下、図11に示すように、アンテナ素子面100b上で基準点ブロック#1乃至#36が設定されているものとする。

[0072] なお、図11に示す基準点ブロックのうち、基準点ブロック#1乃至#24に割り当てられた染色体には、「00」、「01」、「10」、「11」のいずれか2ビットが含まれ得る。

[0073] また、図11に示す基準点ブロックのうち、基準点ブロック#27乃至#36に割り当てられた染色体には、「0」又は「1」のいずれか1ビットが含まれ得る。

[0074] 第1に、図12を参照して、基準点ブロック#1乃至#24に割り当てられた染色体の場合について説明する。

[0075] かかる場合、図12(a)に示すように、基準点ブロック#1乃至#24に対して「00」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#24に隣接する全てのブロックにおける金属パッチが除去されない。

[0076] また、図12(b)に示すように、基準点ブロック#1乃至#24に対して「01」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#24の右横に隣接するブロックDにおける金属パッチが除去される。

[0077] また、図12(c)に示すように、基準点ブロック#1乃至#24に対して「10」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#24の縦下に隣接するブロックAにおける金属パッチが除去される。

[0078] さらに、図12(d)に示すように、基準点ブロック#1乃至#24に対して「11」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#24の右横に隣接するブロックD及び当該基準点ブロック#1乃至#24の縦下に隣接するブロックAにおける金属パッチが除去される。

[0079] すなわち、基準点ブロック#1乃至#24に対して割り当てられた染色体の第1ビットが「0」である場合(すなわち、「00」又は「01」である場合)、当該基準点ブロック#1乃至#24の縦方向に隣接する片側のブロックにおける金属パッチが除去され、基準点ブロック#1乃至#24に対して割り当てられた染色体の第2ビットが「0」である場合(すなわち、「00」又は「10」である場合)、当該基準点ブロック#1乃至#24の横方向に隣接する片側のブロックにおける金属パッチが除去される。

[0080] 第2に、基準点ブロック#26に割り当てられた染色体の場合について説明する。図11の例では、基準点ブロック#26の縦下に隣接するブロックB6における金属パッチには、給電点100c及び短絡素子100dが接続されているものと仮定する。したがって、基準点ブロック#26の縦下に隣接するブロックB6における金属パッチは、除去されることなく常に設置されるものと仮定した。

[0081] すなわち、基準点ブロック#26に対して「0」の染色体が割り当てられている場合、当該基準点ブロック#26の左横に隣接するブロックB7における金属パッチが除去され、基準点ブロック#26に対して「1」の染色体が割り当てられている場合、当該基準点ブロック#26に隣接するいずれのブロックにおける金属パッチも除去されないように構成されている。

[0082] 第3に、アンテナ素子面100bの縦方向の最も上の列又は横方向の最も左の列に位置する基準点ブロック#27乃至#36に割り当てられた染色体の場合について説明する。

[0083] 基準点ブロック#27乃至#36に対して「0」の染色体が割り当てられている場合、当該基準点ブロック#27乃至#36における金属パッチが除去され、基準点ブロック#27乃至#36に対して「1」の染色体が割り当てられている場合、当該基準点ブロック#27乃至#36における金属パッチが除去されないように構成されている。

[0084] なお、本実施形態において、左と右、上と下を全て入れ替えた場合であっても、本

発明を実現できることは言うまでもない。

[0085] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法は、上述の「迷路生成アルゴリズム」の場合と同様に、基準点ブロック(壁)という概念を利用するが、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法の場合は、上述の「迷路生成アルゴリズム」の場合のように、一本道でスタート地点からゴール地点に辿り着く必然性は、必ずしもない。

[0086] したがって、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法は、上述の「迷路生成アルゴリズム」に対して、フレキシビリティを向上させ、無給電ラインや無給電パッチが存在するように改良を加えたものであると言うことができる。

[0087] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、上述の非特許文献1と同様の評価関数を用いて「第1の周波数f1:第2の周波数f2:第3の周波数f3」が「0.9:1.5:1.9」となる3つの異なる周波数でリターンロスを小さくする評価関数を求めた場合に、最終的に形成されたメアンダーライン型アンテナのアンテナ素子面100bの構造を図11に示し、かかるメアンダーライン型アンテナにおけるリターンロス特性を図13に示す。

[0088] 図13に示すように、かかる場合、3つの異なる周波数f1、f2、f3において「VSWRが2以下である」及び「リターンロスが-10dB以下である」という条件を満たしている。また、かかる周波数f1、f2、f3の周辺の周波数においてもリターンロスが小さくなっている、周波数帯域が狭くなっていないことが確認できる。

[0089] <第3の実施形態>

図14乃至図18を参照して、本発明の第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法について説明する。以下、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法について、上述の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法との相違点を主として説明する。

[0090] 図14に示すように、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナは、地板100a及びアンテナ素子面100bが同一平面内に設けられている。また、かかるアンテナでは、地板100aとアンテナ素子面100bとの間に、短絡素子100d及び給電点100cが配置される領域(短絡素子面100e)が設けられている。

[0091] ここで、給電点100cは、中心導体がアンテナ素子面100b上の金属パッチに接続され、外導体が地板100a上の金属表面に接続されるように構成されている。また、短絡素子100dは、アンテナ素子面100bの金属パッチと地板100a上の金属表面と

を短絡するように構成されている。

[0092] 図14乃至及び図16を参照して、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によつてメアンダーライン型アンテナ(アンテナ素子面100b、短絡素子面及び給電点面)を設計する動作について説明する。本実施形態に係るアンテナ最適設計方法は、染色体によって上述の金属パッチの除去方法を指示する方法を除いて、上述の第1の実施形態に係るアンテナ最適設計方法と同一である。

[0093] ここで、染色体によって上述の金属パッチの除去方法を指示する方法について説明する。以下、図14に示すように、アンテナ素子面100b上で基準点ブロック#1乃至#24が設定されているものとする。

[0094] なお、図14に示す基準点ブロックのうち、基準点ブロック#1乃至#21に割り当てられた染色体には、「00」、「01」、「10」、「11」のいずれか2ビットが含まれ得る。

[0095] また、図14に示す基準点ブロックのうち、基準点ブロック#22乃至#24に割り当てられた染色体には、「0」又は「1」のいずれか1ビットが含まれ得る。

[0096] 第1に、図15を参照して、基準点ブロック#1乃至#21に割り当てられた染色体の場合について説明する。

[0097] かかる場合、図15(a)に示すように、基準点ブロック#1乃至#21に対して「00」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#21に隣接する全てのブロックにおける金属パッチが除去されない。

[0098] また、図15(b)に示すように、基準点ブロック#1乃至#21に対して「01」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#21の縦上に隣接するブロックCにおける金属パッチが除去される。

[0099] また、図15(c)に示すように、基準点ブロック#1乃至#21に対して「10」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#21の左横に隣接するブロックAにおける金属パッチが除去される。

[0100] さらに、図15(d)に示すように、基準点ブロック#1乃至#21に対して「11」の染色体が割り当てられていると、当該基準点ブロック#1乃至#21の左横に隣接するブロックA及び当該基準点ブロック#1乃至#21の縦上に隣接するブロックCにおける金属パッチが除去される。

[0101] 第2に、アンテナ素子面100bの横方向の最も右の列に位置する基準点ブロック#22乃至#24に割り当てられた染色体の場合について説明する。

[0102] 基準点ブロック#22乃至#24に対して「0」の染色体が割り当てられている場合、当該基準点ブロック#22乃至#24における金属パッチが除去され、基準点ブロック#22乃至#24に対して「1」の染色体が割り当てられている場合、当該基準点ブロック#22乃至#24における金属パッチが除去されないように構成されている。

[0103] また、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、アンテナ素子面100bに対してだけでなく、アンテナ素子面100bと地板100aとの境界領域である短絡素子面100eに対しても基準ブロックを設定するように構成されている。

[0104] この結果、アンテナ素子面100bと地板100aとを短絡する短絡素子100dの数を任意に選択することが可能となる(図14の例では、0~8までの任意の数の短絡素子100dを設けるように選択することができる)。したがって、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、平面逆F型アンテナや平面逆L型アンテナが生成され易くなる。

[0105] また、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、染色体は、短絡素子面100eにおける給電点100cの位置座標FPを、後述する遺伝的アルゴリズムで用いられる染色体に含めるように構成されていてもよい。

[0106] この結果、給電点100cは、遺伝的アルゴリズムによって、アンテナ特性を最適とする位置に設けられ得る。

[0107] また、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、基準ブロックに対して1辺で隣接しないブロック(例えば、図14のブロックY)は、必ず金属パッチが設置されるよう構成されている。

[0108] これは、一見、アンテナの構造の自由度に制約を与え、最適解として得られるアンテナの構造が制限されているように見える。

[0109] しかしながら、図16(a)に示すように、所定のブロックAを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されないように決定された場合、当該所定のブロックAは、金属パッチが設置されたブロックと同一視することができる。

[0110] 特に、解析手法に、ワイヤグリッドモデルのモーメント法やFDTD法等、ワイヤ上に電流が流れると仮定する手法を用いる場合は、図16(a)の2つのモデルは、全く同じ

解析モデルとなる。

- [0111] したがって、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、所定のブロックAを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されないように決定された場合、当該所定のブロックAにおける金属パッチ(孤立パッチ)を除去しないように決定することができる。
- [0112] また、図16(b)に示すように、所定のブロックBを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されるように決定された場合、ブロックの大きさが十分小さいとき(すなわち、メッシュが十分細かいとき)、そこに流れる電流の影響が小さいため、かかる所定のブロックBにおける金属パッチを除去してもアンテナの特性にはほとんど影響は無い。
- [0113] したがって、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法では、所定のブロックBを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されるように決定された場合、当該所定のブロックBにおける金属パッチ(孤立パッチ)を除去するように決定することができる。
- [0114] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、上述の第1及び第2の実施形態と同様の評価関数を用いて、900MHz、1.5GHz、2.0GHzの3つの周波数で共振するという条件を入れて遺伝的アルゴリズムを用いてアンテナの設計を行った場合に、最終的に形成されたアンテナの構造を図17に示し、かかるアンテナにおけるリターンロス特性を図18に示す。
- [0115] かかる場合、図17に示すように、短絡素子100dの数が「4」で、空電点100cが給電素子面100eの端に配置され、メアンドライン状に変形された平面逆L型アンテナが設計された。なお、かかるアンテナは、頂点同士のみの交わりを含んでいない。
- [0116] また、図18に示すように、かかる場合、所望の900MHz、1.5GHz、2.0GHzの3つの周波数で、リターンロス10dB以上を満たし共振している。
- [0117] 図18において、上述の孤立パッチを除去した場合のリターンロス特性を破線で示し、上述の孤立パッチを残している場合のリターンロス特性を実線で示しているが、両ケースにおいて、リターンロス特性はほとんど変化していないことが確認できる。
- [0118] 本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によれば、短絡素子の位置及び給電点

の位置を自由に変更することができる。

[0119] なお、図21に、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって、36mm×76mmのサイズのアンテナ(地板100a及びアンテナ素子面100bが同一平面内に設けられているアンテナ)を最適化した場合の例を示し、図22に、かかるアンテナの特性を示す。

[0120] また、図23に、本実施形態に係るアンテナ最適設計方法によって、 $0.190\lambda \times 0.114\lambda$ のサイズの平面逆F型アンテナを最適化した場合の例を示し、図24に、かかるアンテナのアンテナ素子面100bを示し、図25に、かかるアンテナの特性を示す。

[0121] <変更例>

上述の実施形態では、染色体が、基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの除去方法を指示するように構成されているが、本発明は、かかる実施形態に限定されるものではない。

[0122] すなわち、染色体が、基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの設置方法を指示するように構成されており、上述のステップ1004において、各基準点ブロックに割り当てられた染色体に基づいて、基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの設置方法を決定し、決定された設置方法に従って、各基準点ブロックの隣接ブロックの金属パッチを順次設置していくことによって、アンテナ素子面100bにおけるメアンダーラインを形成するように構成されていてもよい。

[0123] また、本発明に係るアンテナ最適設計方法において、アンテナ素子面上の金属パッチは、縦方向の3つ以上の奇数に分割し、かつ、横方向の奇数に分割されるように構成されていてもよいし、それ以外の数(例えば、偶数)に分割されるように構成されていてもよい。また、本発明に係るアンテナ最適設計方法において、アンテナ素子面上の金属パッチは、四角形以外の形状に分割されるように構成されていてもよい。

[0124] また、本発明に係るアンテナ最適設計方法は、アンテナ素子面に加えて無給電素子面を具備するアンテナにおいて、無給電素子面上のメアンダーラインを形成する場合にも適用できる。

[0125] また、本発明に係るアンテナ最適設計方法は、図26に示すように、基準点ブロック

(a～p、Q～T)の大きさとそれ以外のブロックの大きさとが異なる場合にも適用可能である。かかる場合、それ以外のブロックを分割して、基準点ブロックの大きさに近づけた後に、本発明に係るアンテナ最適設計方法を適用するように構成されていてよい(例えば、図26に示すブロックA、A1～A4参照)。

[0126] また、本発明に係るアンテナ最適設計方法において、アンテナ素子面100bを構成する各ブロックは、同じ大きさを有してもよいし、異なる大きさを有してもよい。

[0127] <遺伝的アルゴリズムの動作>

図19及び図20を参照して、上述の第1乃至第3の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において用いられる遺伝的アルゴリズムの動作の一例について説明する。

[0128] ここで、かかる遺伝的アルゴリズムに用いられる評価関数について説明する。なお、本実施形態において、メアンダライン型アンテナの特性として、3つの周波数f1、f2、f3におけるリターンロス特性及び利得特性を用いた。

[0129] 最初に、リターンロスの定義について説明する。一般に、反射係数 $\Gamma$ は、式(1)で表現される。

$$[0130] \text{反射係数 } \Gamma = |Z_{in} - Z_0| / |Z_{in} + Z_0| \quad \cdots (1)$$

ここで、 $Z_{in}$ は、入力インピーダンスであり、 $Z_0$ は、伝送路の特性インピーダンスである。

[0131] かかる反射係数 $\Gamma$ を用いて表現したリターンロスRLOSSを式(2)に示す。

$$[0132] RLOSS = -20.0 \log_{10}(\Gamma) \quad \cdots (2)$$

ここで、リターンロスRLOSSは正の値であり、反射係数 $\Gamma$ が小さいときにはリターンロスRLOSSは大きくなり、反射係数 $\Gamma$ が大きいときにはリターンロスRLOSSは小さくなる。

[0133] なお、所望とする3つの周波数f1, f2, f3の「リターンロス」を、それぞれ、 $RLOSS_{f1}$ 、 $RLOSS_{f2}$ 、 $RLOSS_{f3}$ とし、所望とする3つの周波数f1, f2, f3の「利得」を、それぞれ、 $Gain_{f1}$ 、 $Gain_{f2}$ 、 $Gain_{f3}$ とする。

[0134] かかる場合、式(3)に、反射係数 $\Gamma$ を小さくし(すなわち、リターンロスを大きくし、かつ、利得を小さくするための評価関数EVALを示す。なお、かかる評価関数EVALは、重み付き計数法を用いて生成されるものとする。

[0135] 
$$\text{EVAL} = w_1 \cdot \text{Rloss}_{f_1} + w_2 \cdot \text{RLOSS}_{f_2} + w_3 \cdot \text{RLOSS}_{f_3} + w_4 \cdot \text{Gain}_{f_1} + w_5 \cdot \text{Gain}_{f_2} + w_6 \cdot \text{Gain}_{f_3} \dots (3)$$

例えば、上述の第1及び第2の実施形態に係るアンテナ最適設計方法において、多周波共用アンテナを設計する場合のように、複数の相互に関連しあう条件に対しで最適化を図る場合には、ある評価項目が所望特性を満たしたときは、他の所望特性を満たしていない評価項目に対して重みが強くなるように制約条件を持たせる方法が有効である。

[0136] 式(4)に、上述のような制約付重み係数法によって生成された評価関数EVALCを示す。

[0137] 
$$\text{EVALC} = w_1 \cdot \min(\text{DRL}_{f_1}, \text{Rloss}_{f_1}) + w_2 \cdot \min(\text{DRL}_{f_2}, \text{Rloss}_{f_2}) + w_3 \cdot \min(\text{DRL}_{f_3}, \text{Rloss}_{f_3}) + w_4 \cdot \min(\text{DG}_{f_1}, \text{Gain}_{f_1}) + w_5 \cdot \min(\text{DG}_{f_2}, \text{Gain}_{f_2}) + w_6 \cdot \min(\text{DG}_{f_3}, \text{Gain}_{f_3}) \dots (4)$$

式(4)において、 $\text{DRL}_{f_i}$  ( $i=1 \sim 3$ )は、周波数 $f_i$ における所望リターンロス特性であり、 $\text{DG}_{f_i}$  ( $i=1 \sim 3$ )は、周波数 $f_i$ における所望利得である。

[0138] 3周波共用アンテナとしての条件を満たすために、3つの周波数においてそれぞれリターンロス及び利得を求め、最も特性の悪いものの重みを大きくすることによって、評価関数を所望値に近づける方法も考えられる。

[0139] 式(5)及び式(6)に、それぞれ、リターンロス特性及び利得特性に関する評価関数EVALM-RL及びEVALM-Gを示す。

[0140] 
$$\text{EVALM-RL} = \min(\min(\text{DRL}_{f_1}, \text{Rloss}_{f_1}), \min(\text{DRL}_{f_2}, \text{Rloss}_{f_2}), \min(\text{DRL}_{f_3}, \text{Rloss}_{f_3})) \dots (5)$$

$$\text{EVALM-G} = \min(\min(\text{DG}_{f_1}, \text{Gain}_{f_1}), \min(\text{DG}_{f_2}, \text{Gain}_{f_2}), \min(\text{DG}_{f_3}, \text{Gain}_{f_3})) \dots (6)$$

また、式(7)に、評価関数EVALCと評価関数EVALM-RLと評価関数EVALM-Gとを組み合わせた評価関数EVAL2を示す。

[0141] 
$$\text{EVAL2} = \text{EVALC} + w_7 \cdot \text{EVALM-RL} + w_8 \cdot \text{EVALM-G} \dots (7)$$

以下、図19を参照して、上述の評価関数EVAL2を用いた遺伝的アルゴリズムについて説明する。

[0142] ステップS2001において、本アルゴリズムは、ランダムに染色体の初期集団を生成する。例えば、初期集団における染色体の数(人口)を900とする。

[0143] ステップS2002において、本アルゴリズムは、モーメント法やFDTD法等の電磁界解析手段によって、上述の染色体によって一意に決まるメアンダライン型アンテナの特性を算出する。

[0144] そして、本アルゴリズムは、上述の評価関数EVAL2を用いて、各染色体に基づいて設計されたメアンダライン型アンテナの特性について評価する。ここで、多周波共用アンテナにおいて、最も重要であると考えられるリターンロス特性に対する重みを、利得特性に対するよりも強くしている。

[0145] ステップS2003において、本アルゴリズムは、上述の染色体の中から、評価の高い染色体を選択する。

[0146] ステップS2004において、本アルゴリズムは、交叉によって、複数(一般的には2つ)の染色体(親)から遺伝子を引き継ぐ新しい染色体(子)を生成する。ここで、交叉確率を0.4とし、2点交叉が用いられるものとする。

[0147] ステップS2005において、本アルゴリズムは、突然変異確率に基づいて、染色体の集団に対して突然変異処理を施す。ここで、突然変異確率を0.016とする。

[0148] ステップS2006において、本アルゴリズムは、終了条件を満たしているか否かについて判定する。当該終了条件を満たしていない場合、本アルゴリズムは、かかる終了条件が満たされるまで世代交代を繰り返す(すなわち、ステップS2002乃至S2005を繰り返す)。

[0149] 図20は、図19に示す遺伝的アルゴリズムにおいて、評価関数EVAL2と、3つの周波数におけるリターンロス特性の評価関数EVALM-RLと、3つの周波数における利得の評価関数EVALM-Gとを、世代ごとに示したものである。

[0150] 図20に示すように、30世代をすぎるあたりで、「リターンロスが-10dB以下である」という条件を満たし、その後、利得特性に対する重みが強化された結果、世代を重ねるごとに利得が上がっている様子が確認できる。

[0151] <迷路生成アルゴリズム>

なお、本発明は、上述のような遺伝的アルゴリズムを用いたアンテナ最適設計方法

以外にも、後述する迷路生成アルゴリズムを用いた各種方法(例えば、回路生成方法等)にも適用される。

[0152] 具体的には、かかる迷路生成アルゴリズムは、遺伝的アルゴリズムを用いて、迷路を生成するための迷路生成方法であって、縦方向及び横方向に所定平面を分割することによってブロックを生成する工程と、生成された前記ブロックの1ブロックおきに壁を設定する基準点ブロックを設定し、該基準点ブロックに染色体を割り当てる工程と、前記基準点ブロックに割り当てられた前記染色体に基づいて該基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける壁の設定方法を決定する工程と、前記遺伝的アルゴリズムによって最適な迷路を生成するために各基準点ブロックに割り当てられる最適な前記染色体を探索する工程とを具備することを要旨とするものである。

#### 産業上の利用の可能性

[0153] 以上説明したように、本発明によれば、2つの金属パッチが1つの頂点のみで接触する構造を排除することができると共に、金属パッチの配置方法を指示する染色体の最適解の算出時間を低減することができるアンテナ最適設計方法、当該アンテナ最適設計方法を実施するためのプログラム及び当該アンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナを提供することができる。

## 請求の範囲

[1] 遺伝的アルゴリズムを用いて、迷路を生成するための迷路生成方法であつて、所定形状に所定平面を分割することによってブロックを生成する工程と、生成された前記ブロックの1ブロックおきに、壁を設定する基準点ブロックを設定する工程と、  
前記基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける壁の設定方法を決定する染色体を該基準点ブロックに割り当てる工程と、  
前記遺伝的アルゴリズムによって、最適な迷路を生成するために、各基準点ブロックに割り当てられる最適な前記染色体を探索する工程とを具備することを特徴とする迷路生成方法。

[2] 遺伝的アルゴリズムを用いて、アンテナ素子面上に金属パッチが配置されている構造を有するアンテナの構造を設計するためのアンテナ最適設計方法であつて、  
前記アンテナ素子面上の金属パッチを、所定形状に分割することによってブロックを生成する工程と、  
生成された前記ブロックの1ブロックおきに基準点ブロックを設定する工程と、  
前記基準点ブロックに対して1辺で隣接するブロックにおける金属パッチの配置方法を決定する染色体を該基準点ブロックに割り当てる工程と、  
前記染色体によって一意に決まる前記アンテナの特性を算出する工程と、  
前記遺伝的アルゴリズムによって、前記アンテナの特性が最適となるように、各基準点ブロックに割り当てられる最適な前記染色体を探索する工程とを具備することを特徴とするアンテナ最適設計方法。

[3] 前記アンテナは、前記アンテナ素子面に平行に形成されており、表面に金属パッチが配置されている無給電素子面を具備し、  
前記ブロックを生成する工程において、前記アンテナ素子面及び前記無給電素子面上の金属パッチを所定形状に分割することを特徴とする請求項2に記載のアンテナ最適設計方法。

[4] 前記アンテナは、表面が金属の地板と、前記アンテナ素子面上の金属パッチ及び該地板上の金属表面を短絡する短絡素子と、該地板に接続されており該アンテナ素

子面上の金属パッチに給電する給電点とを具備し、

前記短絡素子及び前記給電点が接続されているブロックには前記金属パッチが配置されるように構成されていることを特徴とする請求項2に記載のアンテナ最適設計方法。

[5] 前記アンテナは、表面が金属の地板と、表面に金属パッチが配置されている短絡素子面とを具備し、

前記アンテナ素子面上の金属パッチと前記地板上の金属表面とを短絡する短絡素子は、前記短絡素子面に配置された金属パッチによって構成され、

前記ブロックを生成する工程において、前記アンテナ素子面及び前記短絡素子面上の金属パッチを、所定形状に分割することによってブロックを生成することを特徴とする請求項2に記載のアンテナ最適設計方法。

[6] 前記アンテナは、中心導体が前記アンテナ素子面上の金属パッチに接続されており外導体が前記地板上の金属表面に接続されている給電点とを具備し、

前記染色体は、前記短絡素子面における前記給電点の位置座標を含むことを特徴とする請求項5に記載のアンテナ最適設計方法。

[7] 前記アンテナの特性として、複数の周波数におけるリターンロス特性及び利得特性が用いられることを特徴とする請求項2に記載のアンテナ最適設計方法。

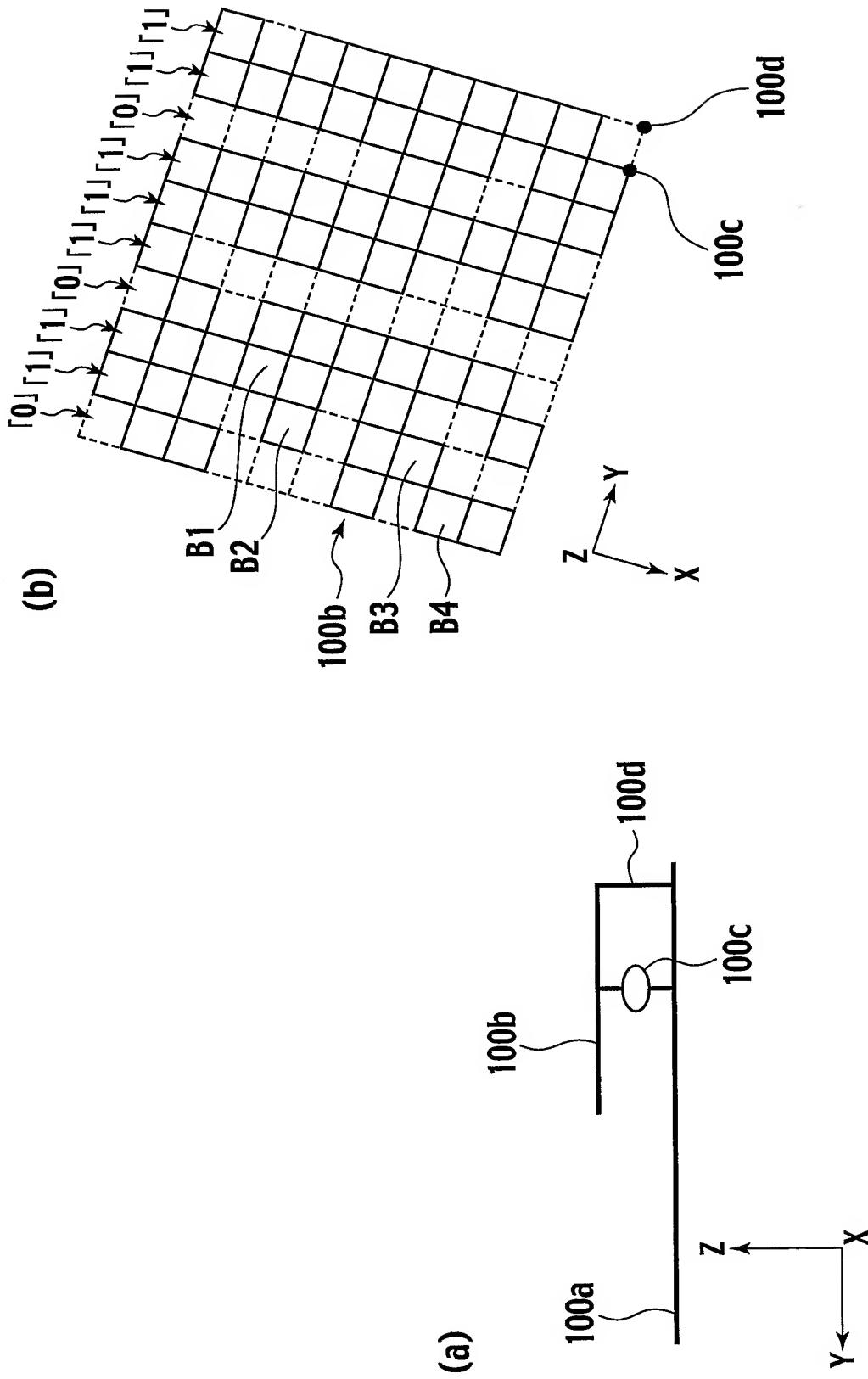
[8] 前記金属パッチの配置方法を決定する工程において、所定のブロックを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されるように決定された場合、該所定のブロックにおける金属パッチを除去するように決定することを特徴とする請求項2に記載のアンテナ最適設計方法。

[9] 前記金属パッチの配置方法を決定する工程において、所定のブロックを取り囲む全てのブロックにおける金属パッチが除去されないように決定された場合、該所定のブロックにおける金属パッチを除去しないように決定することを特徴とする請求項2に記載のアンテナ最適設計方法。

[10] 請求項2に記載のアンテナ最適設計方法を実施するためのプログラム。

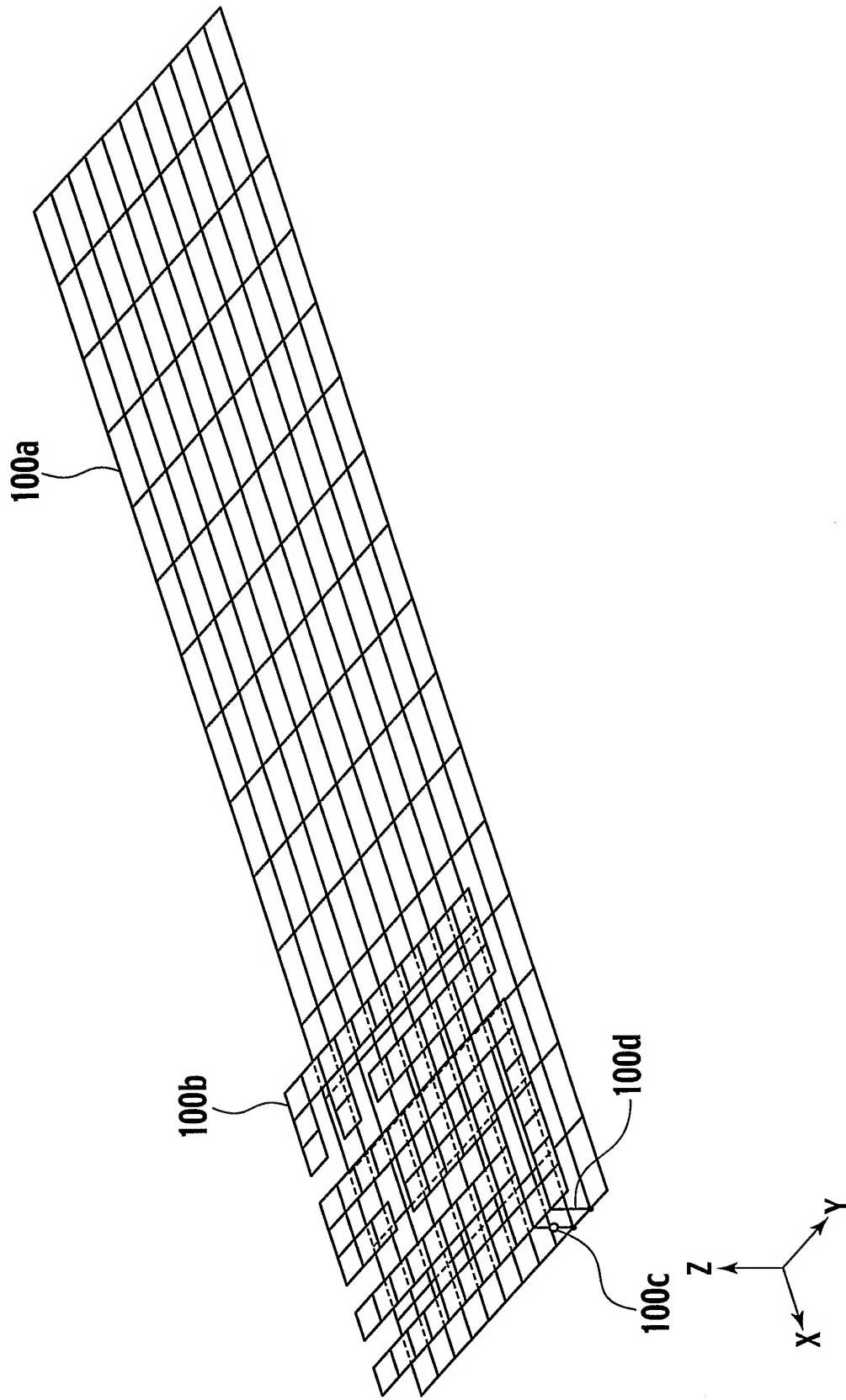
[11] 請求項2に記載のアンテナ最適設計方法によって設計されたアンテナ。

FIG.1



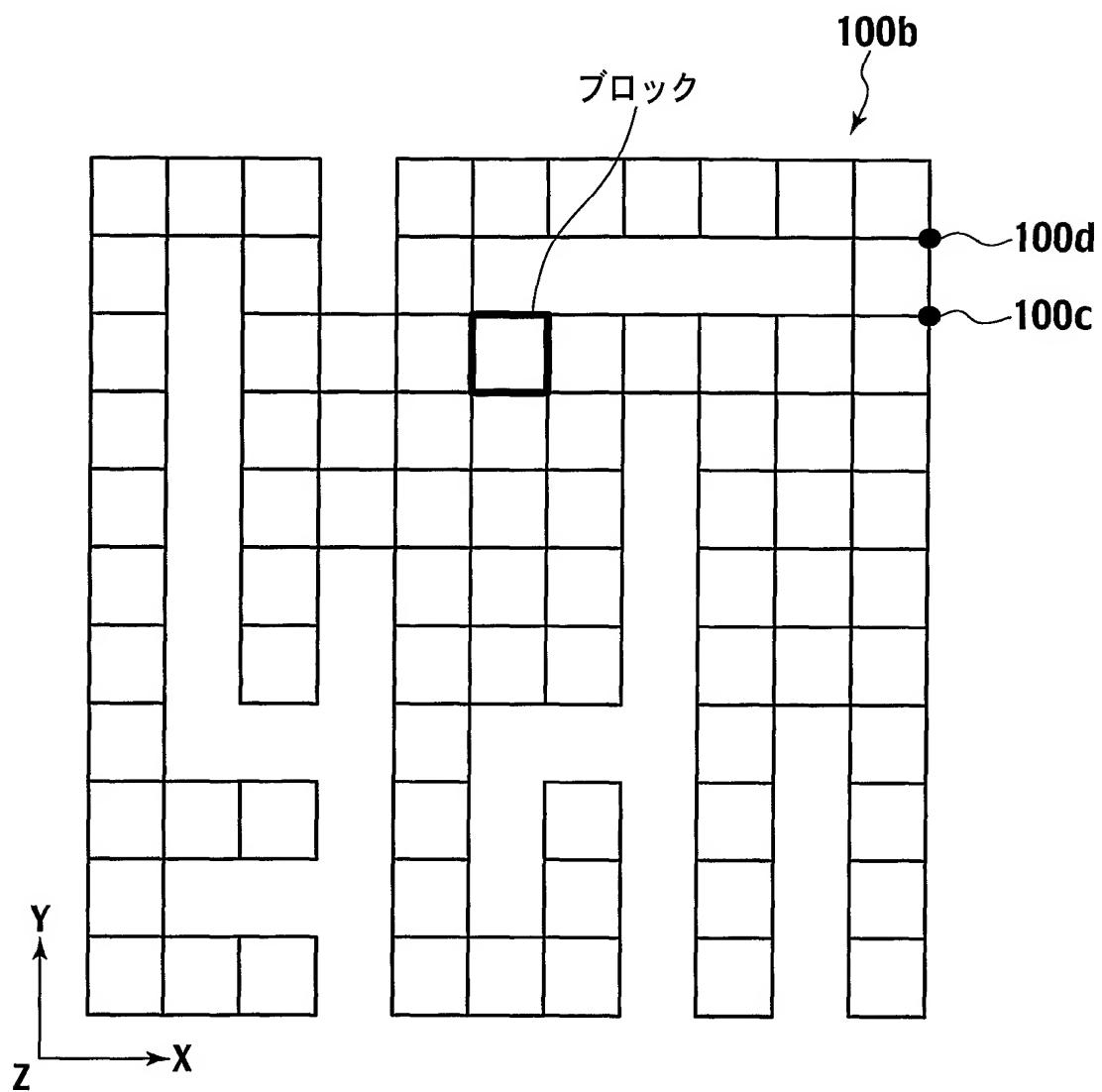
2/23

FIG.2



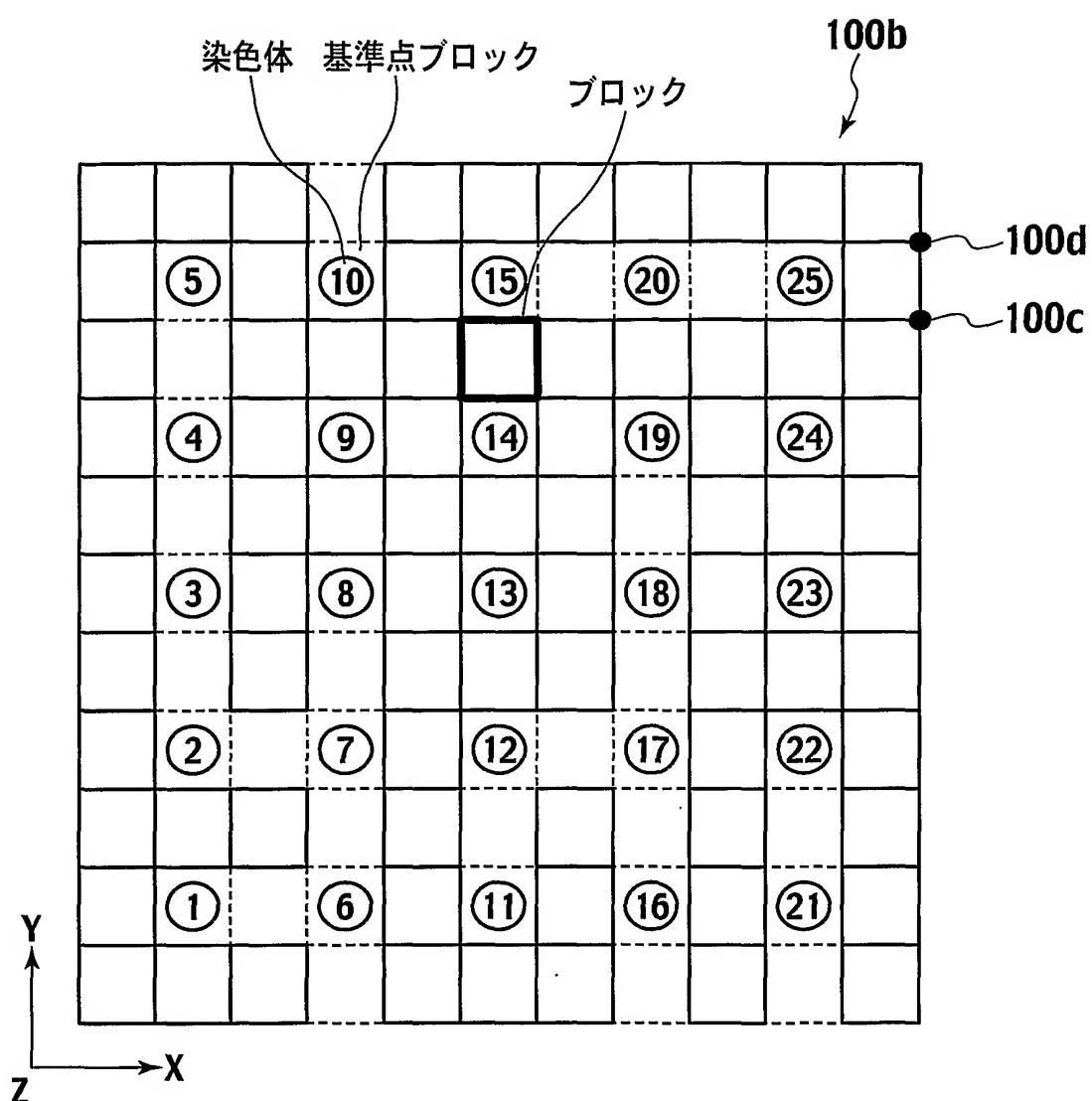
3/23

FIG.3



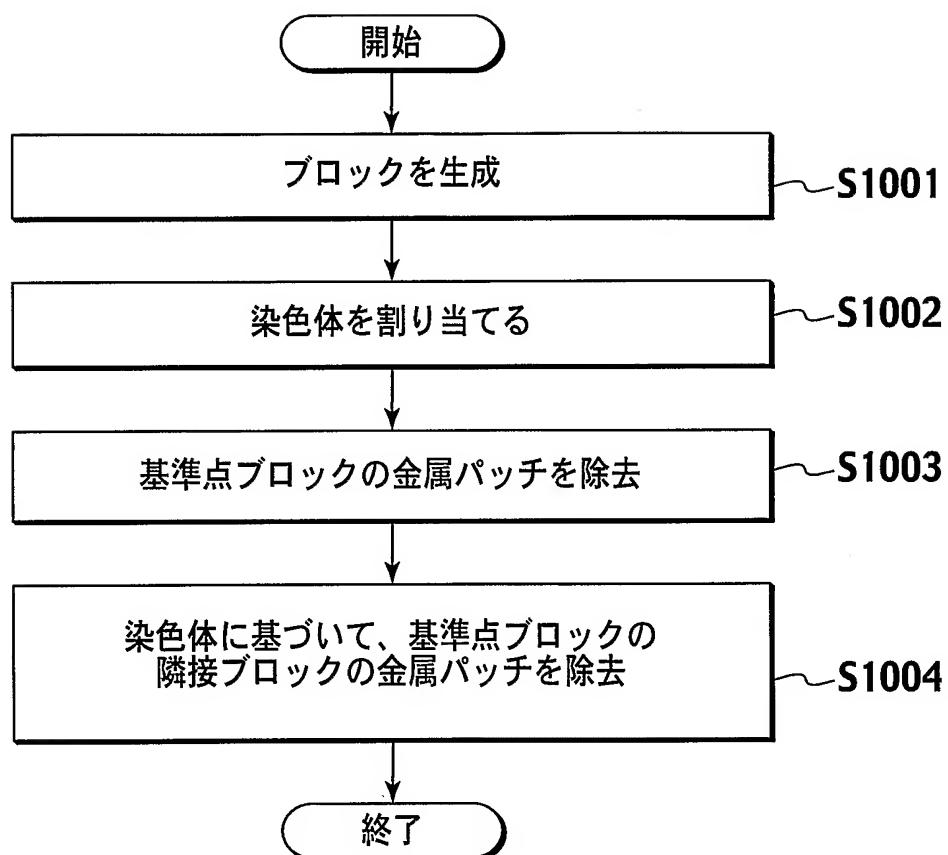
4/23

FIG.4

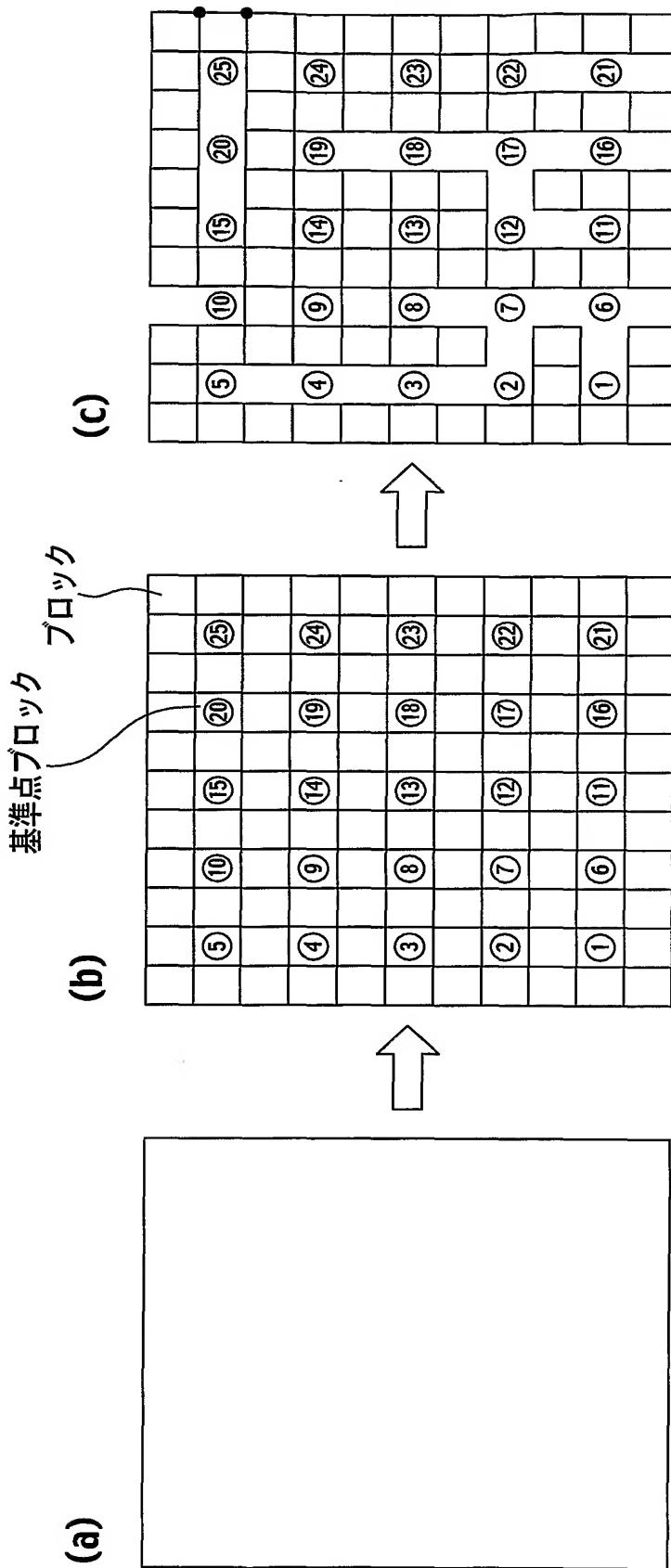


5/23

FIG.5



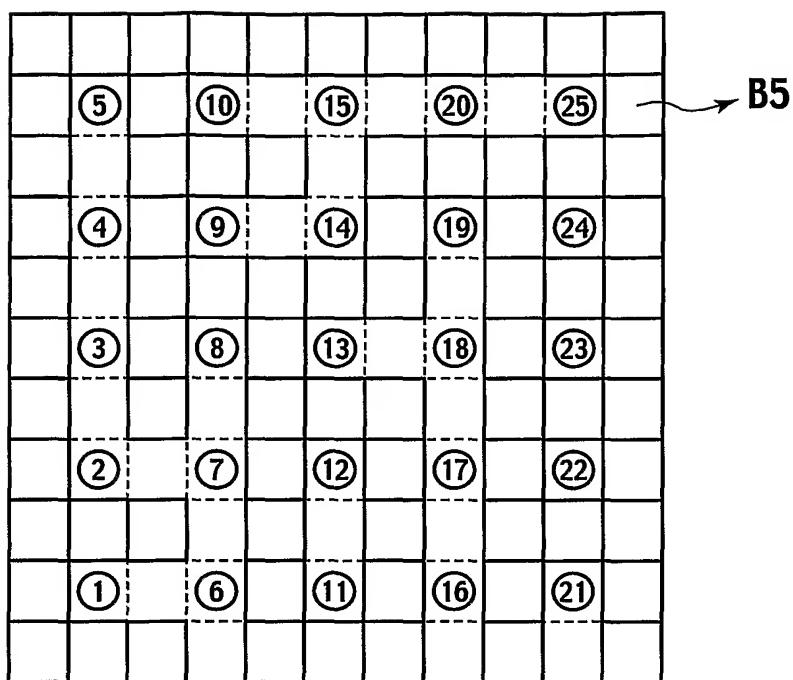
6/23

**FIG.6**

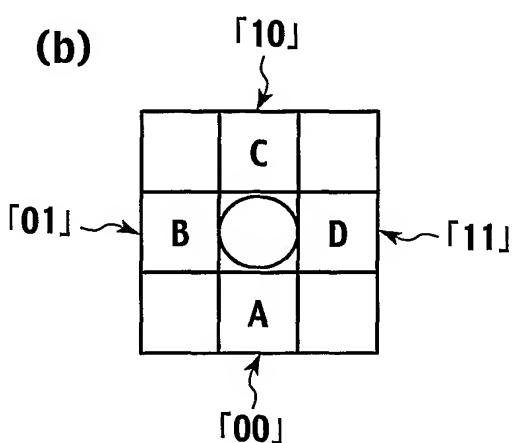
**FIG.7**

7/23

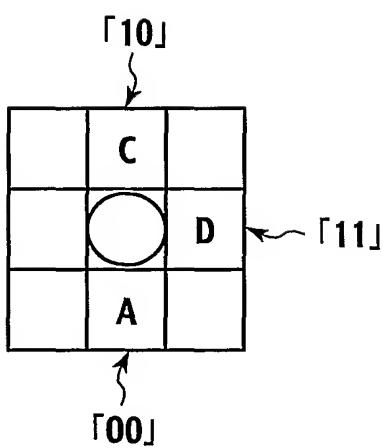
(a)



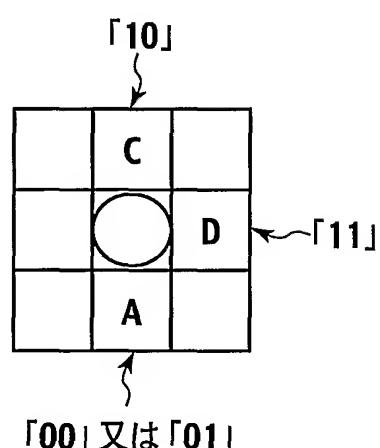
(b)



(c)

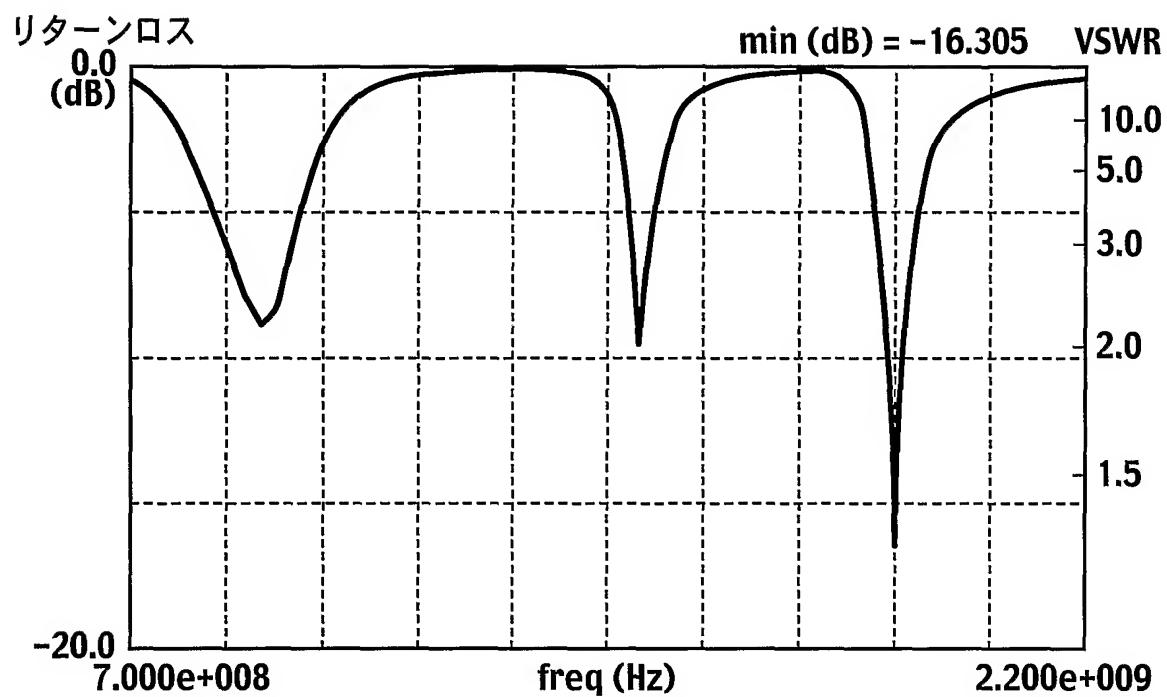


(d)



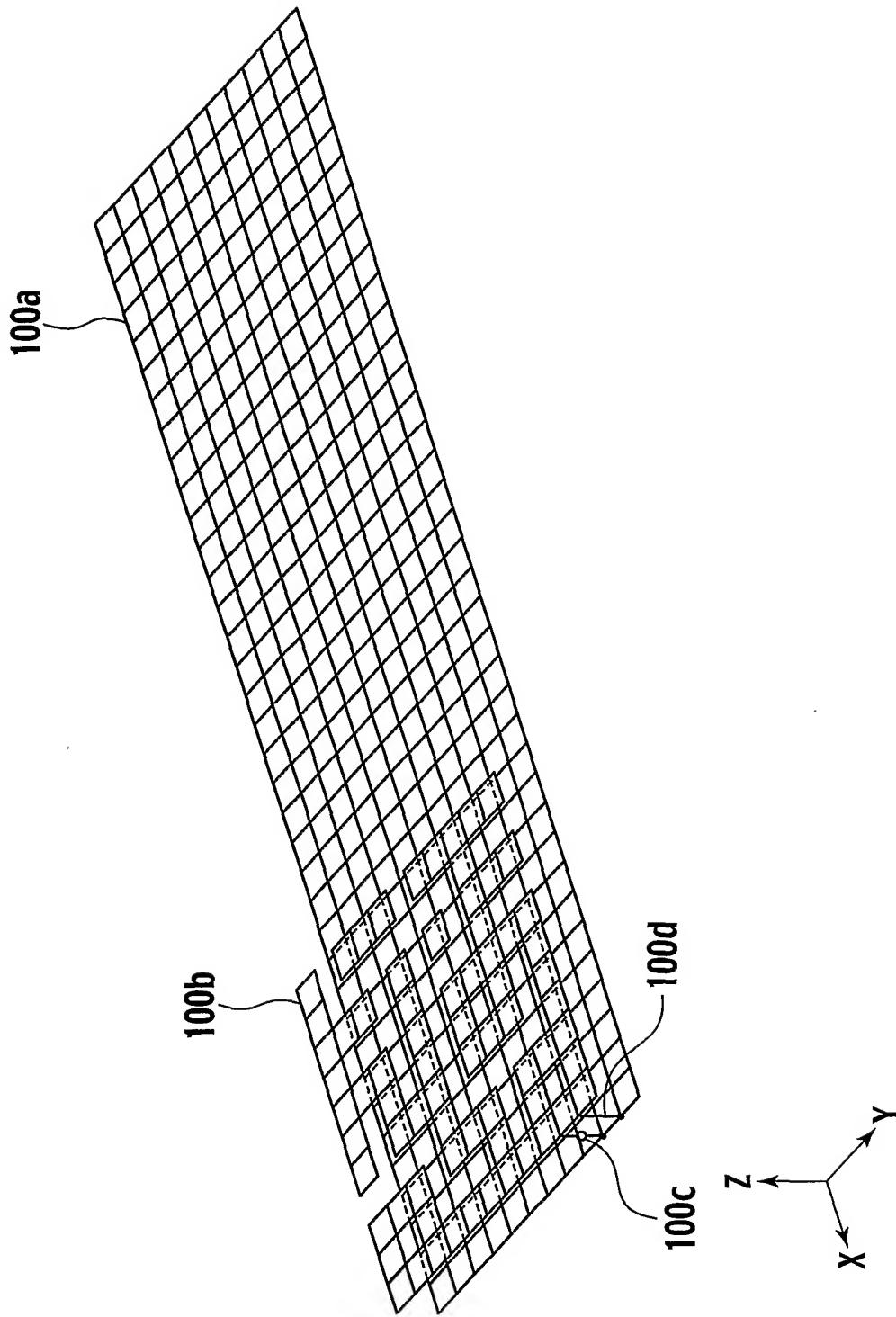
8/23

FIG.8



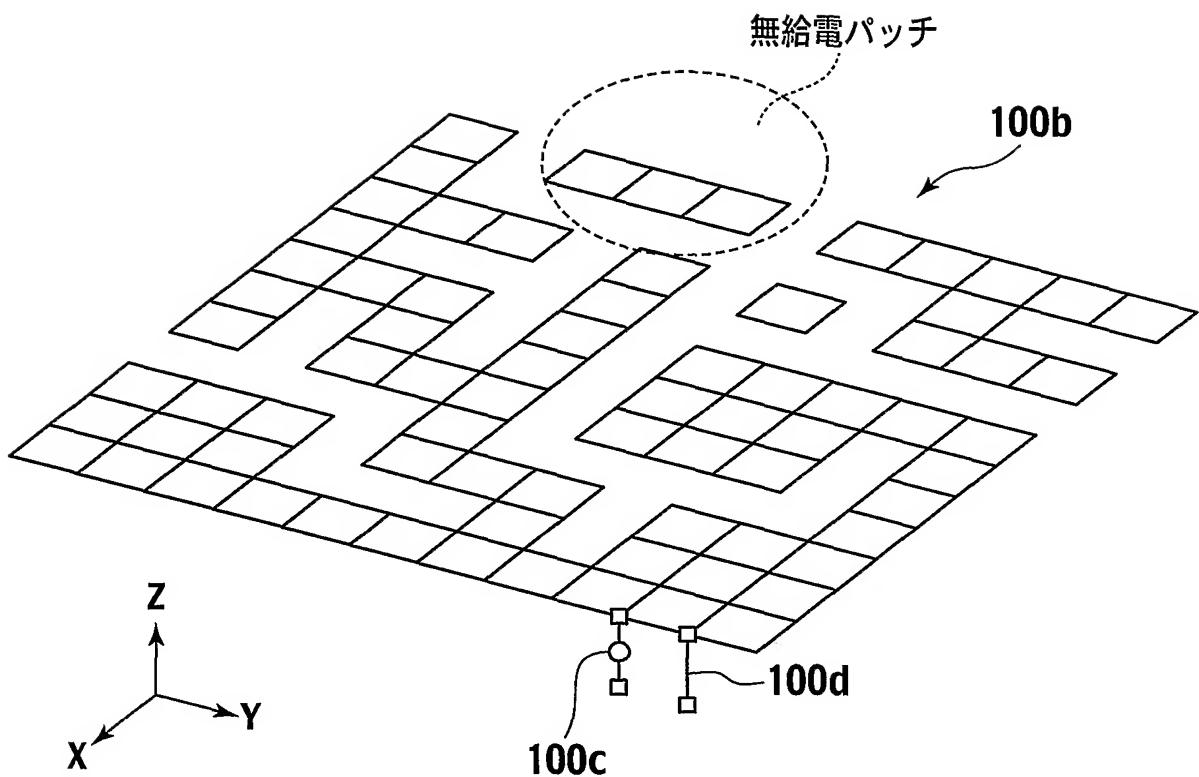
9/23

FIG.9

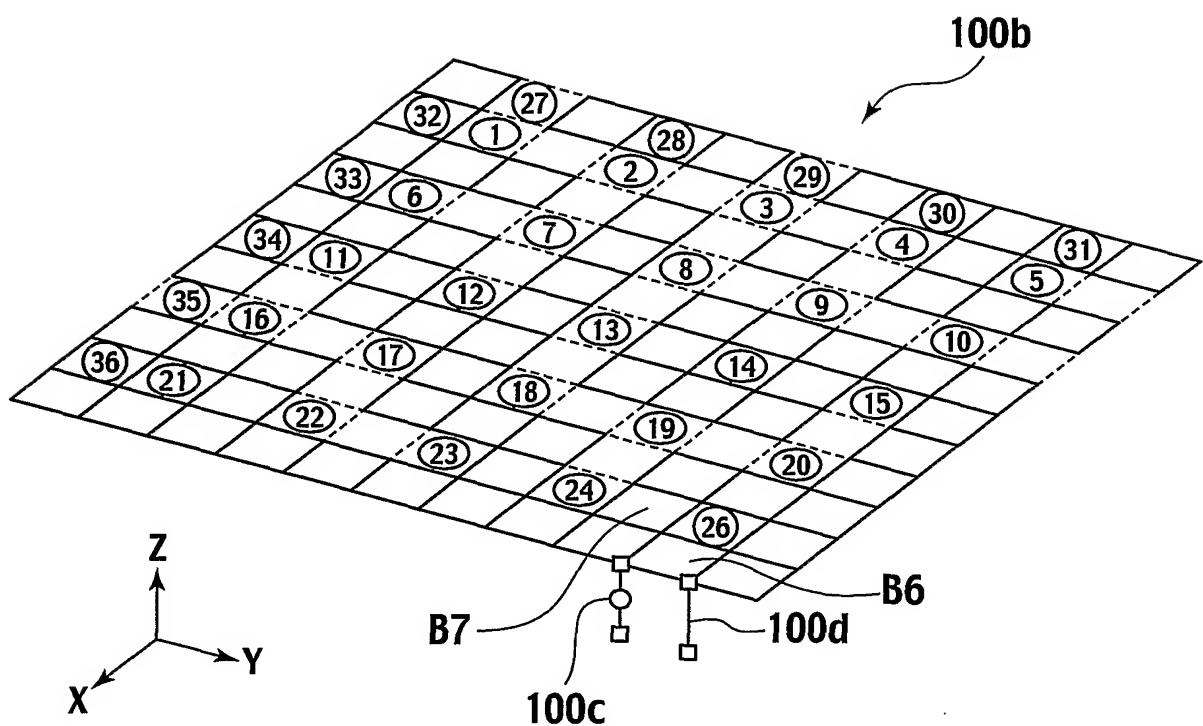


10/23

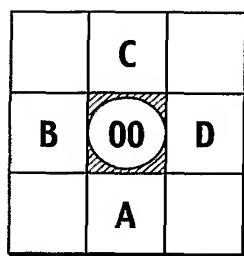
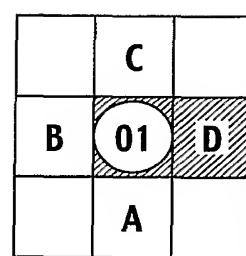
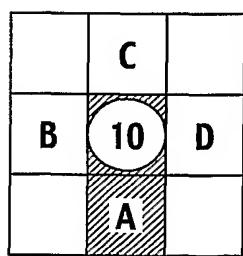
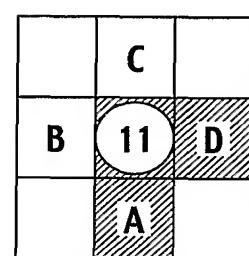
FIG.10



11/23

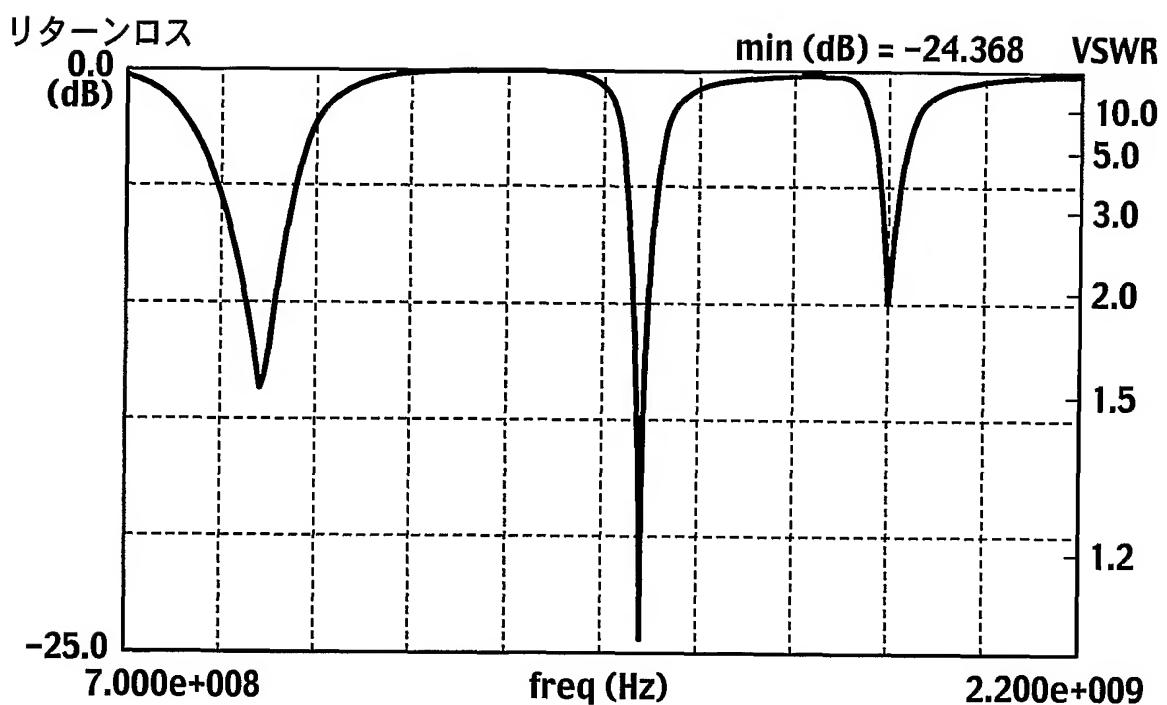
**FIG.11**

12/23

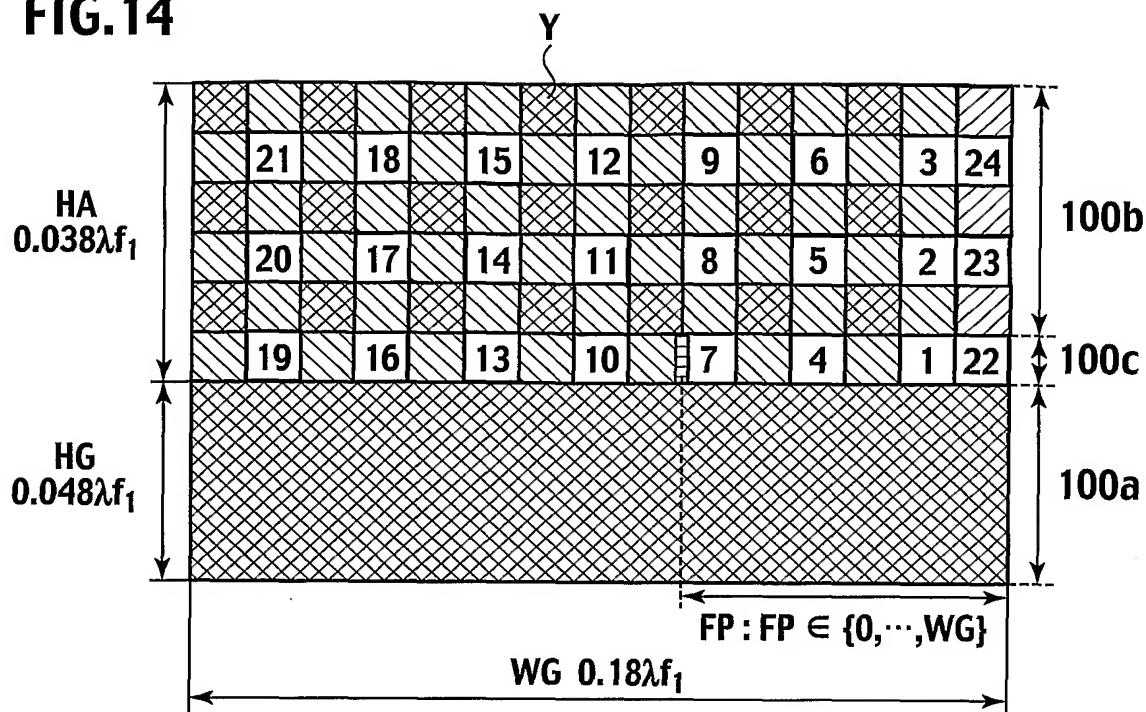
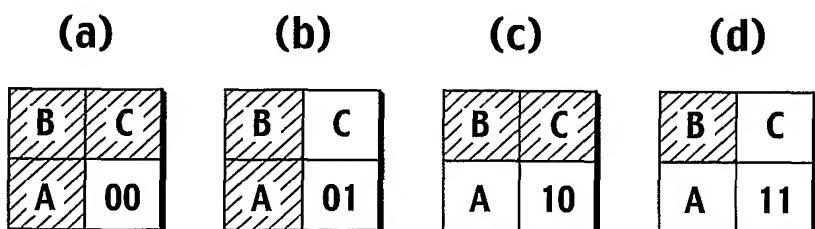
**FIG.12****(a)****(b)****(c)****(d)**

13/23

FIG.13

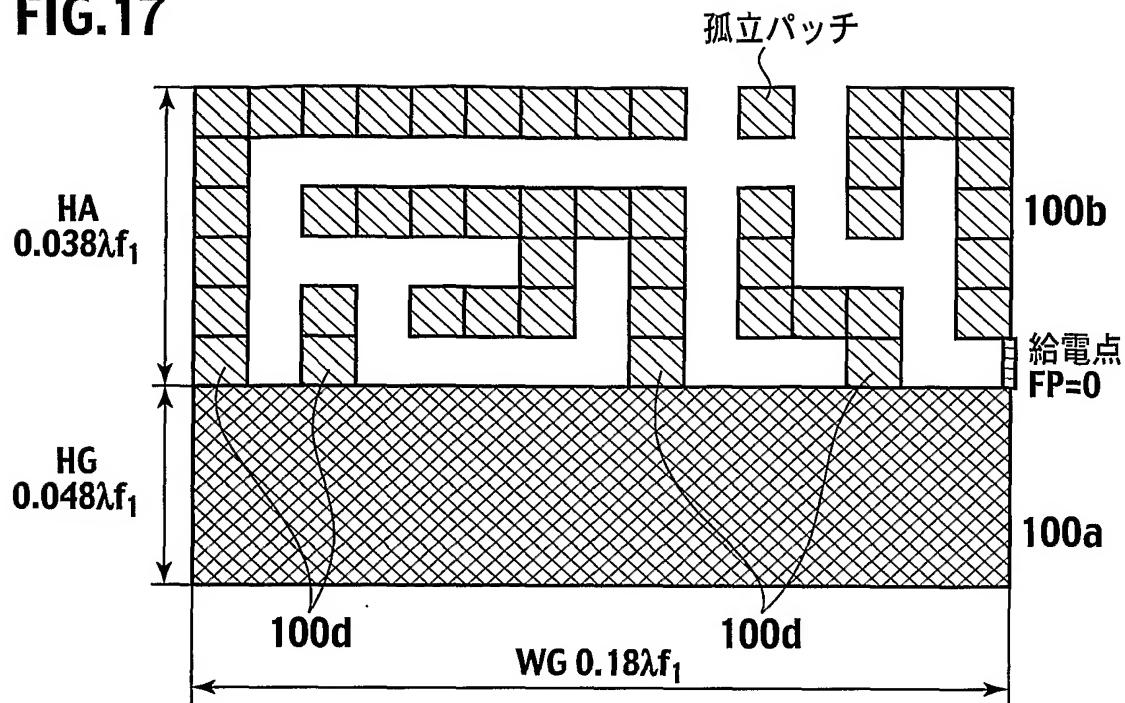
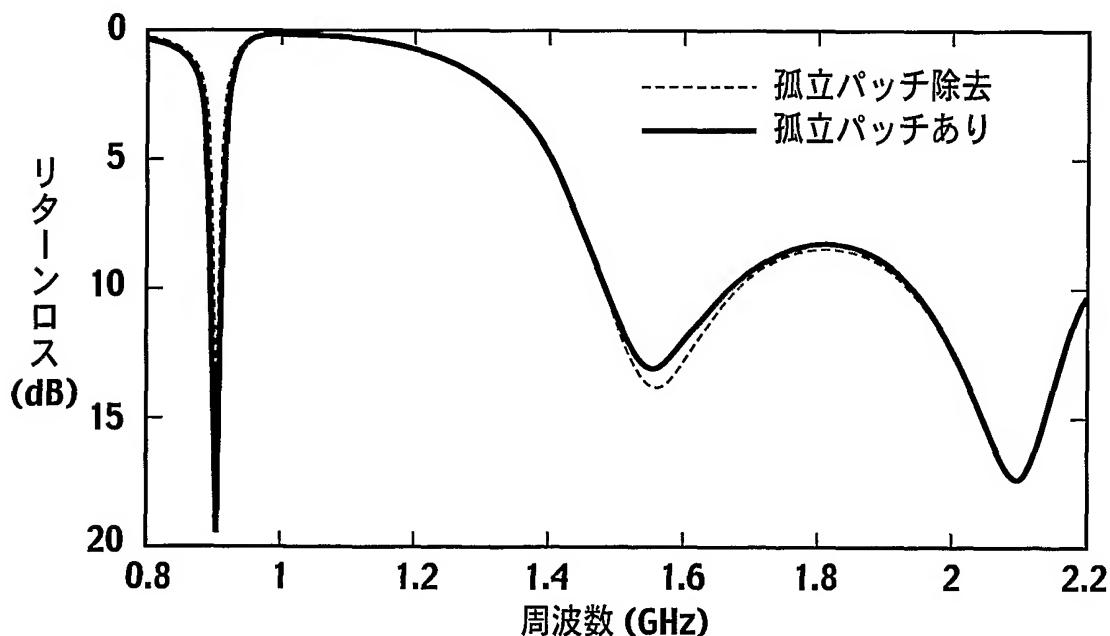


14/23

**FIG.14****FIG.15****FIG.16**

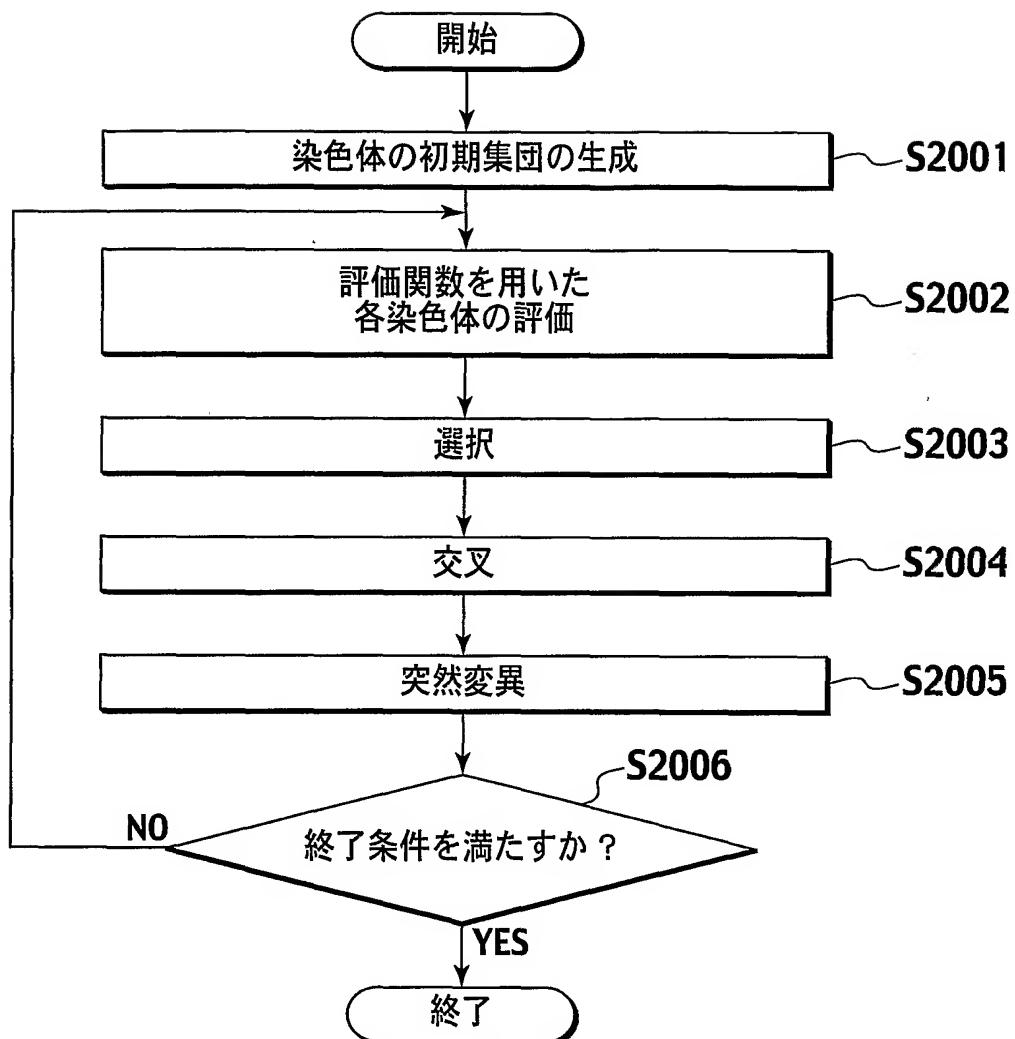
$$\begin{array}{ccc}
 \text{(a)} & & \text{(b)} \\
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \end{array} & = & 
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \end{array} \\
 & & \doteqdot
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \end{array} & & 
 \begin{array}{|c|c|c|} \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \diagup & \diagup & \\ \hline
 \end{array} \\
 & & \doteqdot & & 
 \end{array}$$

15/23

**FIG.17****FIG.18**

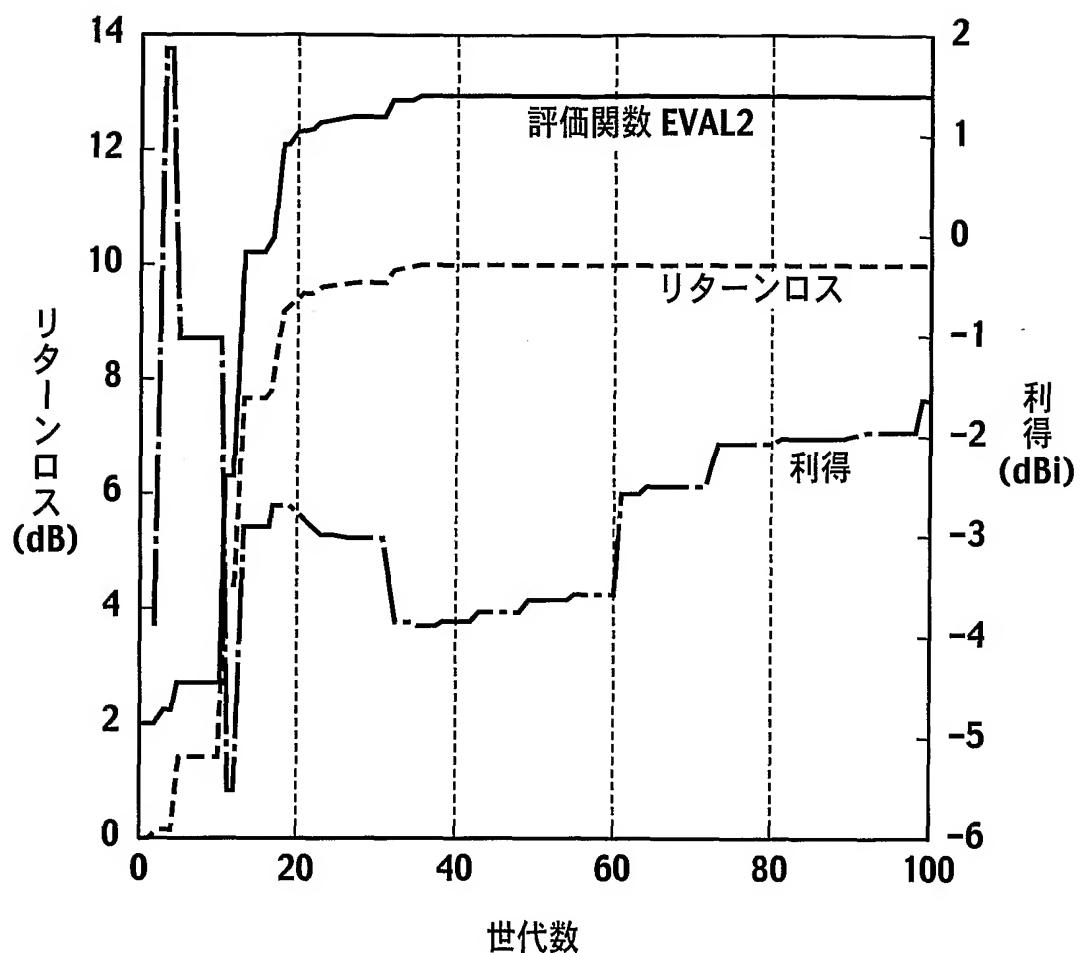
16/23

FIG.19



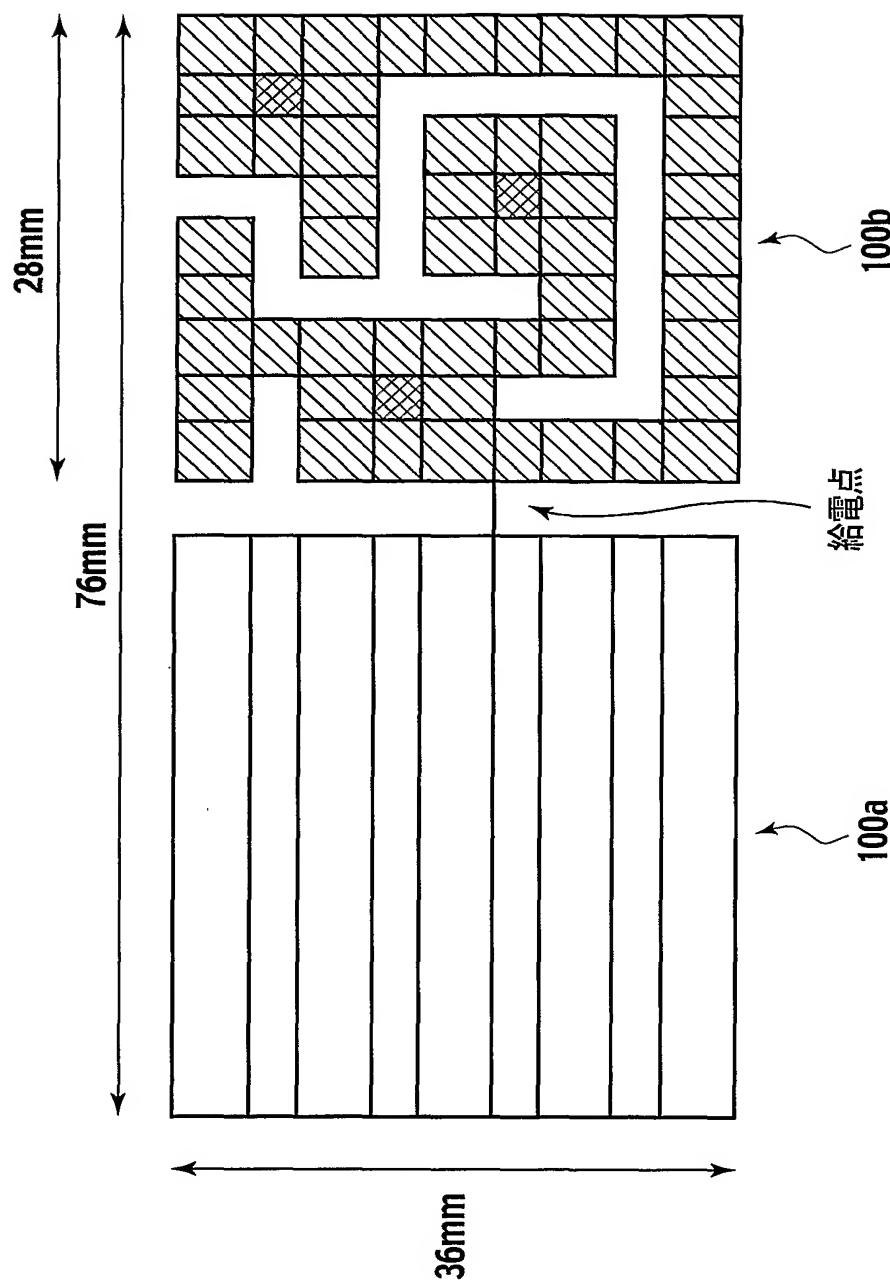
17/23

FIG.20



18/23

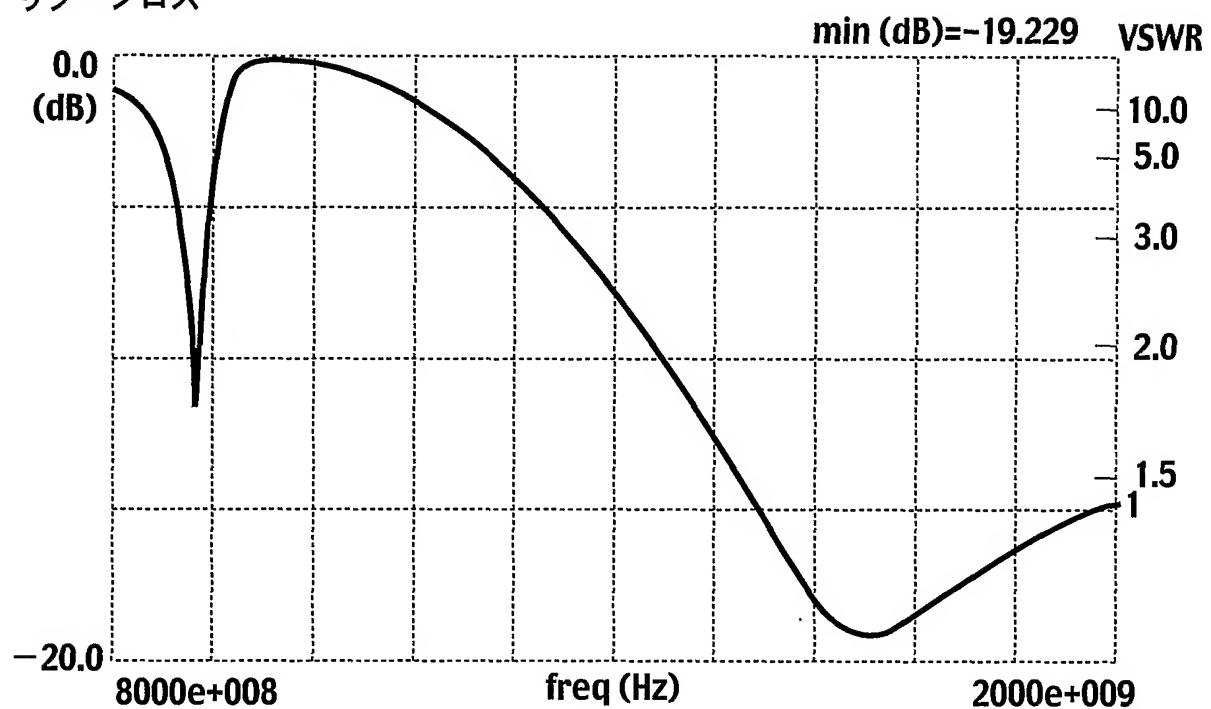
FIG.21



19/23

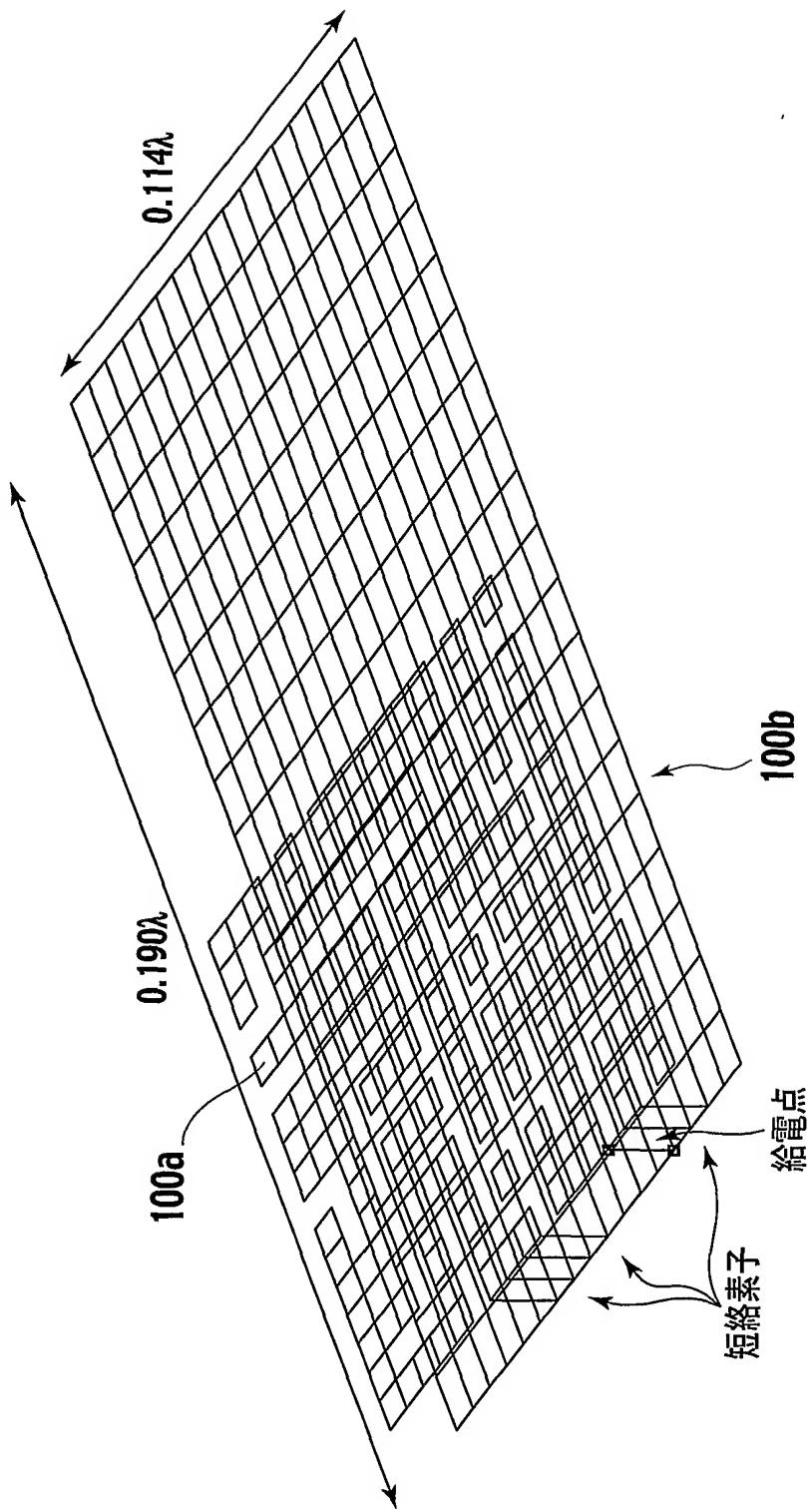
FIG.22

リターンロス



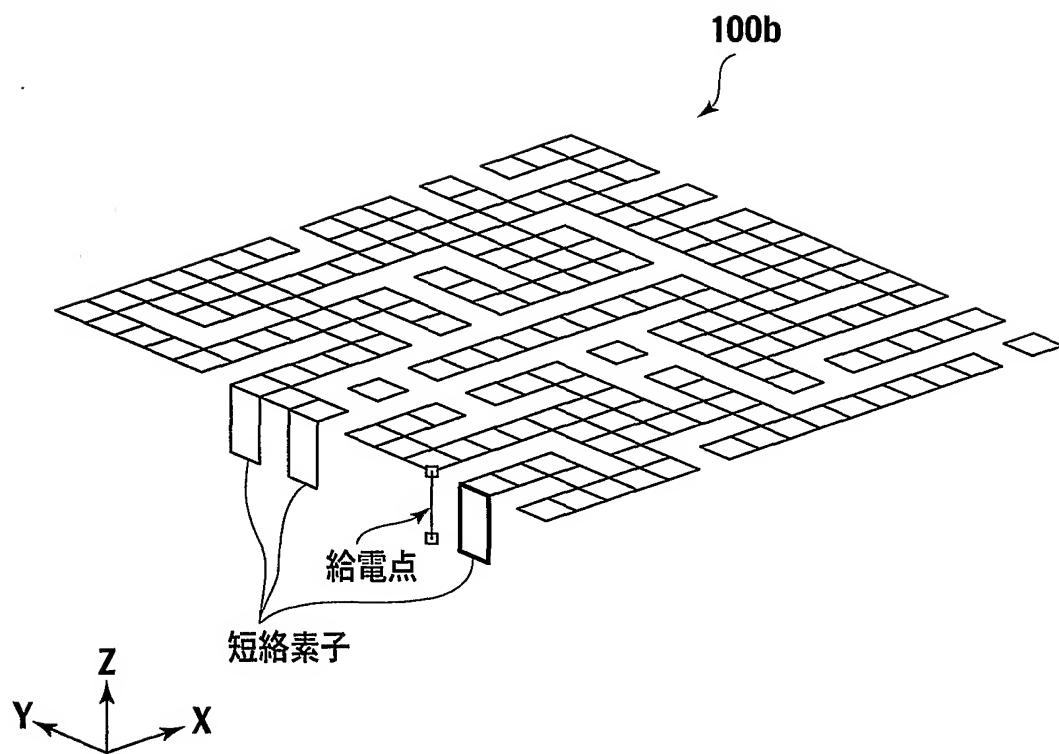
20/23

FIG.23

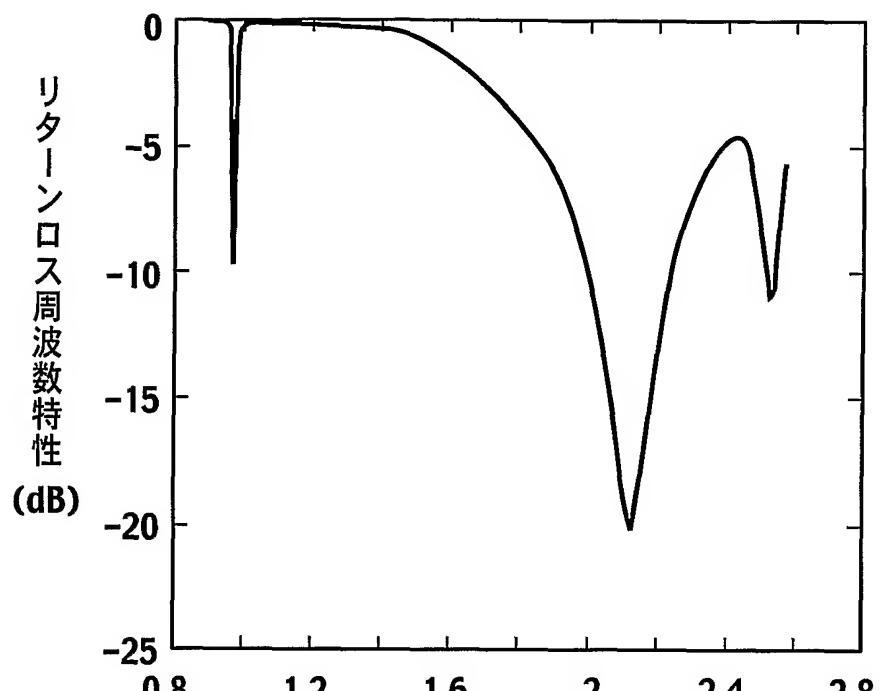


21/23

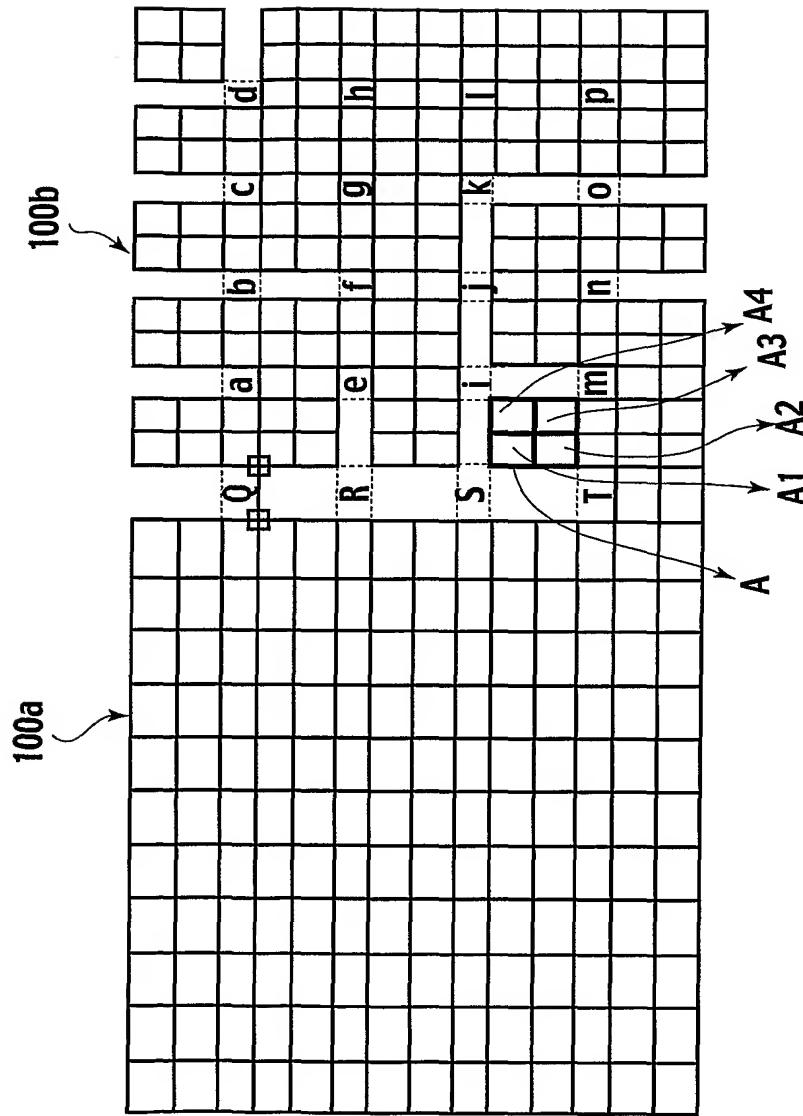
FIG.24



22/23

**FIG.25**周波数特性(基準周波数  $f_0$  と  $f$  の比)

23/23

**FIG.26**

## A. 発明の属する分野の分類(国際特許分類(IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01Q13/08, G06N3/00, H01Q9/04

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料(国際特許分類(IPC))

Int.Cl.<sup>7</sup> H01Q13/08, G06N3/00, H01Q9/04

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1922-1996年
日本国公開実用新案公報	1971-2005年
日本国実用新案登録公報	1996-2005年
日本国登録実用新案公報	1994-2005年

国際調査で使用した電子データベース(データベースの名称、調査に使用した用語)

WPI(DIALOG), [(genetic\*algorithm\*antenna)]

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
A	JP 2003-332814 A (松下電器産業株式会社) 2003.11.21, 全文、全図 (ファミリーなし)	1-11
A	Maloney, J. C., Switched fragmented aperture antennas, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2000. IEEE Volume 1, 16-21 July 2000 Page(s):310 - 313	1-11

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献(理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

## の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

25.04.2005

国際調査報告の発送日

17.5.2005

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官(権限のある職員)

吉村 博之

5 T 3245

電話番号 03-3581-1101 内線 3568

C (続き) 関連すると認められる文献		関連する 請求の範囲の番号
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	
A	Shaoqiu Xiao, Reconfigurable microstrip antenna design based on genetic algorithm, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2003. IEEE Volume 1, 22-27 June 2003 Page(s):407 - 410	1-11
A	Villegas, F. J., Parallel genetic-algorithm optimization of a dual-band patch antenna for wireless communications, Antennas and Propagation Society International Symposium, 2002. IEEE Volume 1, 16-21 June 2002 Page(s):334 - 337	1-11
A	Urbani, F., Patch antennas loaded by inhomogeneous substrates: a combined spectral domain - genetic algorithm approach, Applied Electromagnetics and Communications, 2003. ICECom 2003. 17th International Conference on 1-3 Oct. 2003 Page(s):185 - 188	1-11
A	Choo, H., Design of broadband and dual-band microstrip antennas on a high-dielectric substrate using a genetic algorithm, Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings - Volume 150, Issue 3, 10 June 2003 Page(s):137 - 142	1-11
A	Li, Z., Frequency selective surface design by integrating optimisation algorithms with fast full wave numerical methods, Microwaves, Antennas and Propagation, IEE Proceedings - Volume 149, Issue 3, June 2002 Page(s):175 - 180	1-11
A	Choo, H., Design of multiband microstrip antennas using a genetic algorithm, Microwave and Wireless Components Letters, IEEE [see also IEEE Microwave and Guided Wave Letters] Volume 12, Issue 9, Sep 2002 Page(s):345 - 347	1-11